

**ANÁLISIS MULTIDIMENSIONAL  
DE LA RESILIENCIA EN ZONAS  
DE DESASTRE: FACTORES  
CRÍTICOS DE ADAPTABILIDAD  
EN BAÑOS DE AGUA SANTA –  
ECUADOR**

**D. Giovanni Herrera Enríquez**

**DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA APLICADA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y  
EMPRESARIALES**

**Santiago de Compostela  
2016**





**ANÁLISIS MULTIDIMENSIONAL  
DE LA RESILIENCIA EN ZONAS  
DE DESASTRE: FACTORES  
CRÍTICOS DE ADAPTABILIDAD  
EN BAÑOS DE AGUA SANTA –  
ECUADOR**

Fdo. \_\_\_\_\_  
**D. Giovanni Herrera Enríquez**

**DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA APLICADA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y  
EMPRESARIALES**

**Santiago de Compostela  
2016**



D. Gonzalo Rodríguez Rodríguez, Profesor del Departamento de Economía Aplicada, D. Xavier Vence Deza, Catedrático del Departamento de Economía Aplicada como Director y Tutor respectivamente de la Tesis de Doctorado titulada:

**ANÁLISIS MULTIDIMENSIONAL DE LA RESILIENCIA EN ZONAS DE  
DESASTRE: FACTORES CRÍTICOS DE ADAPTABILIDAD EN BAÑOS DE AGUA  
SANTA – ECUADOR**

Presentada por D. Giovanni Herrera Enríquez, alumno del Programa de Doctorado en Economía y Empresa:

*Autoriza la presentación de la tesis indicada, considerando que reúne los requisitos exigidos en el artículo 34 del reglamento de Estudios de Doctorado, y que como Director u Tutor de la misma no incurre en las causas de abstención establecidas en la Ley 30/1992*

Santiago de Compostela, 2016

Fdo. Prof. Dr. Gonzalo Rodríguez Rodríguez  
Profesor Contratado Doctor  
Departamento de Economía Aplicada

Fdo. Prof. Dr. Xavier Vence Deza  
Profesor Catedrático de Universidad  
Departamento de Economía Aplicada



*A mi esposa Olguita y mis hijos César Daniel y Pablo Andrés  
por su amor y comprensión incondicional.*

*A mis padres César y Yolanda, mi inspiración y fortaleza.*

*A mi hermano Pablo por su compañía y palabras de aliento.*

*A Fanicita por su cariño y constante presencia.*

*En fin, a la familia,  
lo más grande que todo ser humano tiene.*





## AGRADECIMIENTOS

Durante el tiempo de desarrollo de este trabajo existieron instituciones y personas que hicieron posible que cada uno de los objetivos propuestos se cumplan, por lo que no quiero dejar de expresarles mi profundo agradecimiento.

En primer lugar, a mi Alma Mater, la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, por depositar en mí su confianza al otorgarme la beca de estudios para este doctorado, de igual manera al Departamento de Economía Aplicada de la Universidad de Santiago de Compostela por haberme acogido y brindado el apoyo durante el tiempo que desarrollé mi labor investigadora, de manera especial al Prof. Dr. Xavier Vence, Coordinador del Programa de Doctorado en Economía y Empresa.

A mi director Gonzalo Rodríguez, quien supo guiar mi trabajo y despertar en mí un espíritu crítico y reflexivo para abordar las preguntas, problemas y conceptos que dieron forma a este trabajo de investigación, el mismo que marca el inicio de una nueva etapa en mi vida que la dedicaré a servir a la sociedad a través de la ciencia y la academia.

A mi equipo de trabajo de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, quienes contribuyeron de manera decisiva en las diferentes etapas de esta tesis, gracias a Gustavo, Érika y Johanna; con quienes compartimos un objetivo común: mejorar las condiciones de vida de los más vulnerables, en especial de aquellos que han sido víctimas de desastres y que buscan levantarse luego que de la que la tragedia marcara sus vidas.

A los compañeros y amigos con los cuales he compartido gratos momentos, gracias por saber escucharme, gracias a ustedes simplemente por estar siempre ahí. Gracias a Hugo Martínez, el gran amigo cuyas palabras y consejos siempre fueron de gran ayuda. Gracias a Ana, Ángeles y Alberto por su cálida y grata compañía. Gracias a Nailya por sus palabras de apoyo y aliento.

A los compañeros, colegas y amigos con quienes emprendimos este sueño: Sergio, Eddy, Luis, Aracely y Alfredo; que mantuvieron el espíritu de nuestro país siempre presente. Al Mayor César Tamayo, por su amistad y apoyo constantes. A Danny Zambrano, mi maestro, compañero y amigo, con quien compartimos aventuras, tristezas, alegrías y la nostalgia de haber dejado a nuestras familias a miles de kilómetros de distancia.

A mi maestra y amiga, María Teresa Orduña Domingo, quien hizo posible el lazo institucional entre la Universidad Santiago de Compostela y la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, posibilitando el intercambio académico y el fortalecimiento de la investigación. Sus oportunos consejos, enseñanzas y compañía; hicieron de España mi segundo hogar.

Mi sentimiento de gratitud al incondicional amigo Severino Lavandeira, quien alimentó de alegría, confianza y esperanza, las largas jornadas de trabajo con sus anécdotas y palabras motivadoras, que animaron mi espíritu y me hicieron sentir parte de esta hermosa y mágica tierra gallega.

Gracias a mi familia, por estar siempre junto a mí; por ser mi motivación, mi fuerza y mi inspiración.





## **Análisis multidimensional de la resiliencia en zonas de desastre. Factores críticos de adaptabilidad en Baños de Agua Santa - Ecuador**

### **RESUMO**

Esta tese analiza o efecto multidimensional da resiliencia nas zonas afectadas por desastres de orixe natural. Considera os sistemas adaptativos complexos e o modelo heurístico de panarquía como a base teórica para identificar os factores críticos da resiliencia e o seu comportamento dinámico sobre os sistemas socio-ecolóxicos. Identifícase oito dimensións que agrupan a 56 criterios (factores) que son tratados a través dun modelo de decisión discreta *Fuzzy AHP*, obténdose unha estrutura ponderada que describe de forma xerárquica os compoñentes do sistema socio-ecolóxico que inciden na capacidade dinámica de aprendizaxe, auto-organización e adaptabilidade das poboacións ou rexións que sufriron o impacto dun evento extremo de orixe natural. O modelo permite establecer procesos de gobernanza adaptativa a través do deseño dunha matriz cualitativa de dobre entrada. A aplicación empírica desta investigación desenvólvese na cidade de Baños de Agua Santa (Ecuador), poboación que durante 16 anos foi afectada pola erupción do volcán Tungurahua, demostrando altos niveis de resiliencia.

**PALABRAS CHAVE:** Desastres naturais, política de desenvolvemento rexional, análise xerárquica multicriterio

### **RESUMEN**

Esta tesis analiza el efecto multidimensional de la resiliencia en zonas afectadas por desastres de origen natural. Considera los sistemas adaptativos complejos y el modelo heurístico de panarquía como la base teórica para identificar los factores críticos de la resiliencia y su comportamiento dinámico sobre los sistemas socio-ecológicos. Se identifica ocho dimensiones que agrupan a 56 criterios (factores) que son tratados a través de un modelo de decisión discreta *Fuzzy AHP*, obteniéndose una estructura ponderada que describe de forma jerárquica los componentes del sistema socio-ecológico que inciden en la capacidad dinámica de aprendizaje, auto-organización y adaptabilidad de las poblaciones o regiones que han sufrido el impacto de un evento extremo de origen natural. El modelo permite establecer procesos de gobernanza adaptativa a través del diseño de una matriz cualitativa de doble entrada. La aplicación empírica de esta investigación se desarrolla en la ciudad de Baños de Agua Santa (Ecuador), población que durante 16 años ha sido afectada por la erupción del volcán Tungurahua, demostrando altos niveles de resiliencia.

**PALABRAS CLAVE:** Desastres naturales, política de desarrollo regional, análisis jerárquico multicriterio

### **SUMMARY**

The current PhD thesis analyses the multidimensional impact of resilience in the disaster-affected areas caused by natural hazards. The complex adaptive system and panarchy heuristic model is considered as a theoretical basis for identification of key factors of resilience and its behavior with socioecological systems. Eight dimensions grouped to 56 criteria (factors) were identified and analysed by Fuzzy AHP model of discrete decision making. As a result, weighted structure was obtained that hierarchically describes the socioecological system components, which affect the dynamic capacity of learning, auto organization and adaptability of populations or regions that have suffered the impact of an extreme event of natural origin. The model permits establishing the governance of adaptive processes through the design of the qualitative double entry matrix. The empirical study of current investigation is developed in the city of Baños de Agua Santa (Ecuador), population of which has been affected by the eruption of the Tungurahua volcano for 16 years, showing high levels of resilience.

**KEYWORD:** Natural disasters, regional development policies, multi-criteria hierarchical analysis.



## ÍNDICE

CAPÍTULO INTRODUCTORIO .....	1
0.1 INTRODUCCIÓN .....	1
0.2 ANTECEDENTES .....	4
0.3 OBJETIVOS E HIPÓTESIS .....	5
0.4 PARADIGMA CIENTÍFICO .....	6
0.5 EL ENFOQUE DE LA COMPLEJIDAD .....	11
0.6 LOS PROBLEMAS DESDE EL ENFOQUE DE SISTEMAS .....	14
PARTE I. MARCO TEÓRICO	
CAPÍTULO I. ORÍGENES DE LA RESILIENCIA .....	17
1.1 INTRODUCCIÓN .....	17
1.2 COMPLEJIDAD .....	18
1.3 DEFINICIÓN DE UN SISTEMA COMPLEJO .....	22
1.3.1 Componentes de un sistema complejo .....	23
1.3.1.1 Límites .....	23
1.3.1.2 Elementos .....	24
1.3.1.3 Estructuras .....	24
1.3.2 Procesos y niveles de un sistema complejo .....	25
1.4 SISTEMAS ADAPTATIVOS COMPLEJOS (SAC) .....	26
1.5 PANARQUÍA Y RESILIENCIA .....	28
CAPÍTULO II. RESILIENCIA .....	35
2.1 INTRODUCCIÓN .....	35
2.2 APROXIMACIÓN CONCEPTUAL DE RESILIENCIA .....	36
2.3 CAPACIDADES DE LOS SAC Y LA RESILIENCIA .....	47
2.3.1 Capacidad de aprendizaje .....	48
2.3.2 La capacidad de auto-organizarse .....	49
2.3.3 La adaptabilidad .....	51
2.3.4 Capacidad de transformación .....	52
2.4 PROPIEDADES DE LA RESILIENCIA .....	53
2.4.1 Redundancia .....	53
2.4.2 Diversidad .....	53
2.4.3 Modularidad .....	54
2.4.4 Apertura .....	55
2.5 LA VULNERABILIDAD .....	55
2.6 RESILIENCIA Y TERRITORIO .....	56
2.6.1 Dimensión económica de la resiliencia .....	58
2.6.2 Dimensión social de la resiliencia .....	62

2.6.3 Dimensión institucional de la resiliencia.....	66
2.6.4 Dimensión infraestructura de la resiliencia.....	67
2.6.5 Dimensión ecológica de la resiliencia.....	69
CAPÍTULO III. MEDICIÓN DE LA RESILIENCIA .....	73
3.1 INTRODUCCIÓN.....	73
3.2 ENFOQUES PARA LA MEDICIÓN DE LA RESILIENCIA .....	74
3.3 VARIABLES DE ANÁLISIS DE LA RESILIENCIA.....	78
PARTE II. METODOLOGÍA	
CAPÍTULO IV.- PROCESO METODOLÓGICO.....	87
4.1 INTRODUCCIÓN .....	87
4.2 MARCO METODOLÓGICO GENERAL.....	88
4.3 METODOLOGÍA PARA EL MODELAMIENTO MULTIDIMENSIONAL.....	89
4.4 DISEÑO MUESTRAL .....	94
CAPÍTULO V.- ANÁLISIS JERÁRQUICO MULTICRITERIO BASADO EN LÓGICA DIFUSA.....	97
5.1 INTRODUCCIÓN .....	97
5.2 ANÁLISIS JERÁRQUICO MULTICRITERIO (AHP) .....	98
5.3 ANÁLISIS DE CONSISTENCIA EN EL <i>AHP</i> .....	101
5.4 ANÁLISIS MULTICRITERIO DIFUSO FUZZY (AHP).....	103
CAPÍTULO VI.- ESTRUCTURA DEL MODELO DE ANÁLISIS <i>FUZZY AHP</i> .....	109
6.1 INTRODUCCIÓN .....	109
6.2 VALIDACIÓN DE VARIABLES .....	110
6.3 SELECCIÓN DE VARIABLES DE ESTUDIO.....	117
6.4 CARACTERIZACIÓN Y NORMALIZACIÓN DE CRITERIOS.....	125
6.4.1 Caracterización económico regional .....	125
6.4.1.1 Pobreza.....	125
6.4.1.2 Equidad de ingreso .....	126
6.4.1.3 Empleo.....	126
6.4.1.4 Empleo por sectores.....	127
6.4.1.5 Diversidad económica.....	127
6.4.1.6 Empleo femenino.....	128
6.4.1.7 Dependencia económica.....	128
6.4.1.8 Asequibilidad regional.....	129
6.4.1.9 Propiedad de la vivienda.....	129
6.4.1.10 Abastecimiento .....	129
6.4.1.11 Vulnerabilidad económica.....	130
6.4.2 Caracterización económica empresarial.....	131
6.4.2.1 Visión empresarial.....	131
6.4.2.2 Emprendimiento .....	131

6.4.2.3	Ambiente empresarial .....	132
6.4.2.4	Comportamiento de la empresa frente al desastre.....	133
6.4.2.5	Actividad empresarial femenina.....	134
6.4.3	Caracterización sociorregional.....	134
6.4.3.1	Nivel de educación.....	134
6.4.3.2	Edad de la población .....	135
6.4.3.3	Discapacidades .....	135
6.4.3.4	Género .....	135
6.4.3.5	Educación básica.....	136
6.4.3.6	Ocupación de la población .....	136
6.4.3.7	Identidad.....	137
6.4.3.8	Cobertura de seguro de salud. ....	138
6.4.3.9	Cobertura médica. ....	138
6.4.3.10	Influencia religiosa.....	138
6.4.3.11	Identidad del empresario con el territorio. ....	139
6.4.3.12	Vulnerabilidad social.....	139
6.4.4	Caracterización sociocomunitaria.....	140
6.4.4.1	Resiliencia individual y comunitaria.....	140
6.4.4.2	Cohesión familiar .....	141
6.4.4.3	Cohesión comunitaria.....	142
6.4.4.4	Asociatividad.....	142
6.4.4.5	Solidaridad .....	143
6.4.4.6	Liderazgo.....	143
6.4.4.7	Confianza institucional.....	144
6.4.4.8	Responsabilidad social empresarial.....	144
6.4.5	Caracterización institucional.....	145
6.4.5.1	Prevención.....	145
6.4.5.2	Mitigación de riesgos .....	145
6.4.5.3	Planes de emergencia institucional.....	145
6.4.5.4	Conocimiento de planes de emergencia (empresa) .....	146
6.4.5.5	Coordinación institucional .....	146
6.4.6	Caracterización infraestructura .....	147
6.4.6.1	Servicios básicos .....	147
6.4.6.2	Infraestructura del sistema de salud. ....	147
6.4.6.3	Monitoreo de desastres.....	148
6.4.6.4	Cobertura móvil.....	149
6.4.6.5	Existencia de vías de evacuación. ....	149
6.4.6.6	Planificación urbana.....	150

6.4.7	Caracterización ecológica .....	150
6.4.7.1	Riesgo de amenaza natural .....	150
6.4.7.2	Biodiversidad ecológica .....	150
6.4.8	Caracterización experiencial .....	151
6.4.8.1	Percepción sobre capacitación en desastres.....	151
6.4.8.2	Percepción de riesgo.....	152
6.4.8.3	Seguridad frente a desastres .....	152
6.4.8.4	Percepción de experiencia en desastres .....	152
6.4.8.5	Identificación con el sistema de gestión de riesgos .....	153
6.4.8.6	Expectativas económicas .....	153
6.4.8.7	Afectación a la salud.....	153
6.5	PONDERACIÓN FUZZY AHP .....	154
6.5.1	Estructura dimensional ponderada .....	156
6.5.2	Dimensión económico-regional .....	163
6.5.3	Dimensión económico-empresarial.....	171
6.5.4	Dimensión sociorregional .....	175
6.5.5	Dimensión sociocomunitaria.....	184
6.5.6	Dimensión institucional.....	190
6.5.7	Dimensión infraestructura .....	194
6.5.8	Dimensión ecológica.....	198
6.5.9	Dimensión experiencial.....	201
6.6	AJUSTE ESTRUCTURAL DEL MODELO.....	207
<b>PARTE III. ESTUDIO EMPÍRICO</b>		
<b>CAPÍTULO VII.- RESILIENCIA EN BAÑOS DE AGUA SANTA – ECUADOR.....</b>		<b>211</b>
7.1	Introducción.....	211
7.2	Riesgos y vulnerabilidad en Ecuador.....	212
7.3	Baños de Agua Santa, contexto y características.....	214
7.3.1	Localización y sistemas ecológicos.....	214
7.3.2	Características sociales.....	218
7.3.3	Características económicas .....	219
7.3.4	Infraestructura .....	220
7.3.5	Actividad turística .....	221
7.4	Baños de Agua Santa en Resiliencia Sostenible .....	223
<b>CAPÍTULO VIII.- FUZZY AHP Y LA RESILIENCIA EN BAÑOS DE AGUA SANTA.....</b>		<b>229</b>
8.1	Introducción.....	229
8.2	Análisis económico regional de Baños .....	231
8.2.1	Criterio pobreza.....	231
8.2.2	Criterio equidad de ingreso .....	231

8.2.3 Criterio empleo .....	232
8.2.4 Criterio empleo por sectores .....	232
8.2.5 Criterio diversidad económica .....	233
8.2.6 Criterio empleo femenino .....	234
8.2.7 Criterio dependencia económica.....	234
8.2.8 Criterio asequibilidad regional.....	234
8.2.9 Criterio propiedad de la vivienda.....	235
8.2.10Criterio abastecimiento .....	236
8.2.11Criterio vulnerabilidad económica.....	236
8.2.12Análisis unidimensional económico-regional del cantón Baños .....	237
8.3 Análisis económico-empresarial de Baños.....	239
8.3.1 Criterio visión empresarial.....	239
8.3.2 Criterio emprendimiento .....	240
8.3.3 Criterio ambiente empresarial.....	241
8.3.4 Criterio comportamiento de la empresa frente al desastre .....	243
8.3.5 Criterio actividad empresarial femenina.....	246
8.3.6 Análisis unidimensional económico empresarial del cantón Baños .....	246
8.4 Análisis sociorregional de Baños .....	248
8.4.1 Criterio nivel de educación .....	248
8.4.2 Edad de la población.....	249
8.4.3 Criterio discapacidades .....	249
8.4.4 Criterio género .....	250
8.4.5 Criterio educación básica.....	250
8.4.6 Criterio ocupación de la población .....	251
8.4.7 Criterio identidad .....	251
8.4.8 Criterio cobertura del seguro de salud .....	256
8.4.9 Criterio cobertura médica .....	257
8.4.10Criterio influencia religiosa .....	257
8.4.11Criterio identidad del empresario con el territorio.....	262
8.4.12Criterio vulnerabilidad social.....	267
8.4.13Análisis unidimensional sociorregional del cantón Baños.....	267
8.5 Análisis socio – comunitario de Baños.....	271
8.5.1 Criterio resiliencia individual y comunitaria .....	271
8.5.2 Criterio cohesión familiar .....	272
8.5.3 Criterio cohesión comunitaria.....	273
8.5.4 Criterio asociatividad .....	275
8.5.5 Criterio solidaridad .....	275
8.5.6 Criterio liderazgo .....	276

8.5.7 Criterio confianza institucional .....	277
8.5.8 Criterio responsabilidad social empresarial .....	278
8.5.9 Análisis unidimensional sociocomunitario del cantón Baños .....	279
8.6 Análisis institucional de Baños .....	282
8.6.1 Criterio prevención.....	282
8.6.2 Criterio mitigación de riesgos .....	282
8.6.3 Criterio planes de emergencia institucional .....	283
8.6.4 Criterio conocimiento de planes de emergencia.....	284
8.6.5 Criterio coordinación institucional.....	284
8.6.6 Análisis unidimensional institucional del cantón Baños .....	285
8.7 Análisis infraestructura de Baños .....	287
8.7.1 Criterio servicios básicos .....	287
8.7.2 Criterio infraestructura del sistema de salud .....	287
8.7.3 Criterio monitoreo de desastres.....	288
8.7.4 Criterio cobertura móvil .....	288
8.7.5 Criterio existencia de vías de evacuación.....	288
8.7.6 Criterio planificación urbana.....	289
8.7.7 Análisis unidimensional de infraestructura en el cantón Baños .....	290
8.8 Análisis ecológico de Baños .....	292
8.8.1 Criterio riesgo de amenaza natural.....	292
8.8.2 Criterio biodiversidad ecológica .....	293
8.8.3 Análisis unidimensional ecológico de la ciudad de Baños.....	293
8.9 Análisis experiencial de Baños .....	293
8.9.1 Criterio percepción sobre capacitación en desastres .....	293
8.9.2 Criterio percepción de riesgo .....	294
8.9.3 Criterio seguridad frente a desastres .....	295
8.9.4 Criterio percepción de experiencia en desastres.....	296
8.9.5 Criterio identificación con el sistema de gestión de riesgos.....	297
8.9.6 Criterio expectativas económicas.....	298
8.9.7 Criterio afectación a la salud.....	299
8.9.8 Análisis unidimensional experiencial de la ciudad de Baños.....	300
8.10 Análisis unidimensional integrado.....	302
<b>CAPÍTULO IX.- FACTOR MULTIDIMENSIONAL DE LA RESILIENCIA.....</b>	<b>307</b>
9.1 Introducción.....	307
9.2 Factores de impacto en la resiliencia .....	308
9.2.1 Factores de alto impacto para la resiliencia.....	311
9.2.2 Factores de impacto relativamente alto para la resiliencia.....	311
9.2.3 Factores de impacto relativamente bajo para la resiliencia .....	312



9.2.4 Factores de bajo impacto para la resiliencia .....	313
9.3 Análisis multidimensional integrado para la ciudad de Baños .....	313
9.3.1 Análisis descriptivo del modelo multidimensional en el cantón Baños.....	315
9.3.2 Factores relevantes en la adaptabilidad de Baños de Agua Santa.....	317
9.4 Gobernanza adaptativa .....	320
9.4.1 Acciones inmediatas .....	321
9.4.2 Acciones de fortalecimiento continuo.....	322
9.4.3 Acciones de mejora a mediano plazo.....	323
9.4.4 Acciones de mejora a largo plazo .....	323
9.5 La dimensión económica y la resiliencia de Baños de Agua Santa.....	324
9.5.1 El sistema empresarial de Baños de Agua Santa .....	326
PARTE IV. CONCLUSIONES	
CAPÍTULO X. CONCLUSIONES.....	329
10.1 CONCLUSIONES DE LA PRIMERA PARTE .....	329
10.2 CONCLUSIONES DE LA SEGUNDA PARTE .....	330
10.3 CONCLUSIONES DE LA TERCERA PARTE.....	332
10.4 LIMITACIONES Y LÍNEAS DE TRABAJO FUTURAS.....	337
10.4.1 Limitaciones.....	337
10.4.2 Líneas de trabajo futuras.....	337
BIBLIOGRAFÍA.....	341
ANEXOS.....	361



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 0.1 Interacciones de desorden, orden organización .....	9
Figura 0.2 Bucle tetralógico .....	9
Figura 0.3 Relación orden, desorden, organización enlazados por la resiliencia como proceso modular .....	10
Figura 1.1 Modelo transdisciplinar de organización jerárquica de las ciencias. ....	21
Figura 1.2 Modelo transdisciplinar para el estudio de la resiliencia .....	21
Figura 1.3 Representación gráfica de panarquía .....	30
Figura 1.4 Panarquía y resiliencia .....	32
Figura 1.5 Jerarquía anidada de ciclos adaptativos (panarquía).....	32
Figura 2.1 Dinámica de la resiliencia en torno al concepto de panarquía .....	38
Figura 2.2 Interacción entre ecosistemas y sociedad .....	40
Figura 2.3 Estructura de la dimensión económica de la resiliencia .....	62
Figura 2.4 Estructura de la dimensión social de la resiliencia territorial .....	66
Figura 2.5 Estructura de la dimensión infraestructura de la resiliencia territorial .....	69
Figura 2.6 Dimensiones de la resiliencia en zonas afectadas por desastres de origen natural .....	70
Figura 3.1. Enfoque cualitativo y cuantitativo de la resiliencia .....	74
Figura 3.2 Medición de la resiliencia bajo modelo de Gall.....	75
Figura 3.3 Propuesta de clasificación de métricas de la resiliencia .....	77
Figura 3.4 Interacción escalar en el modelo de panarquía en los sistemas socio – ecológicos .....	80
Figura 4.1 Diagrama del marco metodológico general .....	88
Figura 4.2 Diagrama para el análisis multidimensional de la resiliencia en zonas de desastre.....	93
Figura 4.3 Resumen de tamaño muestral para estudio empírico.....	95
Figura 5.1 Estructura metodológica de AHP.....	98
Figura 6.1 Proceso para el análisis jerárquico multicriterio difuso (Fuzzy AHP).....	155
Figura 7.1 Localización del cantón Baños de Agua Santa .....	215
Figura 7.2 Ecosistemas del cantón Baños de Agua Santa .....	216
Figura 7.3 Riesgos naturales del cantón Baños de Agua Santa.....	217
Figura 7.4 Interacción de ciclos en el modelo panárquico de la ciudad de Baños – Sistema socio - económico .....	225
Figura 7.5 Fase de análisis multidimensional de la resiliencia de acuerdo al modelo de panarquía... ..	227
Figura 7.6 Fases de investigación en el modelo panárquico para la ciudad de Baños de Agua Santa .....	227
Figura 8.1 Asentamientos humanos, vías y dinámicas poblacionales del cantón Baños de Agua Santa .....	289



## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 2.1 Visión de la resiliencia desde la perspectiva de diversidad y adaptabilidad. ....	61
Gráfica 3.1 Composición por dimensiones de los criterios relacionados con la resiliencia.....	81
Gráfica 5.1 Escala lingüística de importancia relativa RI .....	104
Gráfica 5.2. Intersección de puntos entre <b>M1</b> y <b>M2</b> .....	107
Gráfica 6.1 Ponderación de juicios para evaluar los criterios relacionados con la resiliencia .....	117
Gráfica 6.2 Estructura de las dimensiones en el modelo de análisis multidimensional de la resiliencia .....	156
Gráfica 6.3 Estructura ponderada de las dimensiones en el modelo de análisis multidimensional de la resiliencia .....	163
Gráfica 6.4 Estructura ponderada de la dimensión económica regional .....	171
Gráfica 6.5 Estructura ponderada de la dimensión económica -empresarial .....	175
Gráfica 6.6 Estructura ponderada de la dimensión sociorregional .....	183
Fuente: Elaborado a partir de análisis multicriterio difuso .....	183
Gráfica 6.7 Estructura ponderada de la dimensión sociocomunitaria .....	190
Gráfica 6.8 Estructura ponderada de la dimensión institucional .....	194
Gráfica 6.9 Estructura ponderada de la dimensión infraestructura .....	198
Gráfica 6.10 Estructura ponderada de la dimensión ecológica .....	201
Gráfica 6.11 Estructura ponderada de la dimensión experiencial .....	207
Gráfica 6.12 Modelo de análisis multidimensional de la resiliencia.....	209
Gráfica 7.1 Erupciones y periodos de reposo del volcán Tungurahua en los últimos 2000 años .....	217
Gráfica 7.2 Tenencia o propiedad de la vivienda en Baños .....	218
Gráfica 7.3 Género en la gerencia o propiedad de los establecimientos en Baños .....	219
Gráfica 7.4 Afiliación a gremios o asociaciones en Baños .....	219
Gráfica 7.5 Población ocupada por establecimiento económico en el rango de 1 a 9 empleados .....	220
Gráfica 7.6 Tipo de turista por procedencia que visita Baños.....	221
Gráfica 7.7 Tipo de turista y acompañantes de viaje .....	222
Gráfica 7.8 Rangos de edad de los turistas que visitan Baños .....	222
Gráfica 7.9 Nivel de interés que el volcán genera en los turistas.....	223
Gráfica 8.1 Propiedad de la vivienda en Baños de Agua Santa. ....	235
Gráfica 8.2 Calificaciones normalizadas de los criterios en la dimensión económico–regional.....	238
Gráfica 8.3 Razones por las que el empresario se involucró en la actual actividad económica.....	240
Gráfica 8.4 Percepción de ambiente empresarial (agrupado).....	241
Gráfica 8.5 Nivel de acuerdo o desacuerdo con la afirmación de que la actividad empresarial es mejor que otras actividades, opinión amigos.....	242

Gráfica 8.6 Nivel de acuerdo o desacuerdo con la afirmación de que la cultura del país es muy favorable a la actividad empresarial. ....	243
Gráfica 8.7 Nivel de acuerdo o desacuerdo con la afirmación de que la actividad empresarial vale la pena a pesar de los riesgos.....	243
Gráfica 8.8 Frente al comportamiento de los clientes en las etapas críticas de la erupción del volcán Tungurahua, ¿la empresa introdujo nuevos productos o servicios? .....	244
Gráfica 8.9 El empresario utilizó ideas de otros negocios que las adaptó a su empresa .....	244
Gráfica 8.10 El empresario utilizó ideas que en otros lugares han dado buenos resultados.....	245
Gráfica 8.11 El empresario utilizó ideas nuevas que no existen en Baños ni en otros lugares .....	245
Gráfica 8.12 Pregunta ¿los problemas y riesgos ambientales en Baños obligaron a innovar, cambiar y mejorar en la empresa/negocio? .....	246
Gráfica 8.13 Calificaciones normalizadas de los criterios en la dimensión económico–empresarial .	247
Gráfica 8.14 Pregunta a los jefes de familia ¿Qué tan orgullosos se siente de vivir en Baños? –jefes de hogar .....	252
Gráfica 8.15 Orgullo de la población de Baños por los logros económicos de la ciudad. ....	253
Gráfica 8.16 Orgullo de la población de Baños por su capacidad de organización ciudadana .....	253
Gráfica 8.17 Orgullo de la población de Baños por su sistema de prevención de riesgos .....	254
Gráfica 8.18 Orgullo de la población de Baños de sus autoridades cantonales.....	254
Gráfica 8.19 Orgullo de la población de Baños de sus autoridades del gobierno central .....	255
Gráfica 8.20 Orgullo de la población de Baños de su infraestructura .....	255
Gráfica 8.21 Orgullo de la población de Baños por su historia.....	256
Gráfica 8.22 La fe religiosa es una de las razones para que Baños continúe desarrollándose a pesar de las erupciones del volcán Tungurahua.....	258
Gráfica 8.23 Prioridad para acudir en busca de ayuda luego de un desastre, opción Dios.....	259
Gráfica 8.24 Prioridad para acudir en busca de ayuda luego de un desastre, opción familia. ....	259
Gráfica 8.25 Prioridad para acudir en busca de ayuda luego de un desastre, opción profesionales especialistas. ....	260
Gráfica 8.26 Prioridad para acudir en busca de ayuda luego de un desastre, opción amigos.....	260
Gráfica 8.27 Sobre afirmación: La erupción del volcán Tungurahua ha sido determinado por Dios .	261
Gráfica 8.28 Sobre afirmación: La erupción del volcán Tungurahua ha sido determinado por los ciclos de la naturaleza .....	261
Gráfica 8.29 Sobre afirmación “La erupción del volcán Tungurahua ha sido determinado por la influencia del hombre” .....	262
Gráfica 8.30 Sobre la pregunta “Qué tan orgullosos se siente usted de vivir en Baños de Agua Santa” .....	263
Gráfica 8.31 Orgullo de los empresarios de Baños sobre los logros económicos de la ciudad.....	264
Gráfica 8.32 Orgullo de los empresarios de Baños sobre la capacidad de organización de la ciudad.	264
Gráfica 8.33 Orgullo de los empresarios de Baños sobre su sistema de prevención de riesgos frente al Tungurahua.....	265

Gráfica 8.34 Orgullo de los empresarios de Baños sobre las autoridades del gobierno cantonal. ....	265
Gráfica 8.35 Orgullo de los empresarios de Baños sobre autoridades del gobierno central .....	266
Gráfica 8.36 Orgullo de los empresarios de Baños sobre la infraestructura del cantón.....	266
Gráfica 8.37 Orgullo de los empresarios de Baños sobre la historia de la ciudad .....	267
Gráfica 8.38 Calificaciones normalizadas de los criterios en la dimensión socio – regional.....	269
Gráfica 8.39 Competencias personales para la resiliencia (agrupado).....	272
Gráfica 8.40 Cohesión familiar para la resiliencia (agrupado).....	273
Gráfica 8.41 Cohesión comunitaria para la resiliencia (agrupado) .....	274
Gráfica 8.42 Pregunta al jefe de hogar: “¿Participa en algún tipo de agrupación social?” .....	275
Gráfica 8.43 Apoyo social para la resiliencia.....	276
Gráfica 8.44 Nivel de confianza en la comunidad .....	277
Gráfica 8.45 Nivel de confianza institucional .....	278
Gráfica 8.46 Percepción del nivel de colaboración del empresario con su comunidad .....	279
Gráfica 8.47 Calificaciones normalizadas de los criterios en la dimensión socio – comunitaria.....	281
Gráfica 8.48 Pregunta “¿Usted o su familia han participado en simulacros de emergencias?” .....	282
Gráfica 8.49 Pregunta “Conoce usted el plan de riesgos del cantón Baños” .....	283
Gráfica 8.50 Pregunta: ¿Las empresas cuentan con un plan de emergencia? .....	283
Gráfica 8.51 Pregunta “¿Las empresas conocen el plan de mitigación de riesgos de Baños?” .....	284
Gráfica 8.52 Calificaciones normalizadas de los criterios en la dimensión institucional .....	286
Gráfica 8.53 Calificaciones normalizadas de los criterios en la dimensión infraestructura.....	291
Gráfica 8.54 Grado de preparación de las familias frente a un desastre de origen natural .....	294
Gráfica 8.55 Grado de afectación del volcán Tungurahua a la actividad económica de Baños desde la perspectiva de los jefes de hogar.....	295
Gráfica 8.56 Importancia de la experiencia previa que permite el desarrollo de capacidades para hacer frente a potenciales desastres .....	296
Gráfica 8.57 Nivel de orgullo que tienen los jefes de hogar frente al sistema de gestión de riesgos de Baños.....	297
Gráfica 8.58 Percepción de expectativas económicas luego de la actividad volcánica del Tungurahua. ....	298
Gráfica 8.59 Percepción de afectación a la salud por la erupción del volcán Tungurahua .....	299
Gráfica 8.60 Calificaciones normalizadas de los criterios en la dimensión experiencial.....	301
Gráfica 8.61 Distribución de valores individuales y media de la calificación ponderada por dimensión para Baños de Agua Santa.....	303
Gráfica 8.62 Gráfico de cajas de las calificaciones de los criterios en cada dimensión para Baños de Agua Santa .....	304
Gráfica 9.1 Histograma de ponderaciones ajustadas de los criterios del modelo.....	309
Gráfica 9.2. Distribución de valores individuales de los criterios ponderados ajustados a nivel dimensional .....	309

Gráfica 9.3 Gráfico de cajas de las ponderaciones de los criterios en cada dimensión. ....	310
Gráfica 9.4 Histograma de calificaciones ponderadas ajustadas para Baños de Agua Santa .....	316
Gráfica 9.5 Distribución de valores individuales y media de las calificaciones ponderadas ajustadas para Baños de Agua Santa .....	316
Gráfica 9.6 Matriz de acción para el desarrollo de la resiliencia.....	321





## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5.1 Escala de valoración Saaty .....	99
Tabla 5.2 Índice de Consistencia Aleatoria (IA) .....	103
Tabla 5.3. Escala lingüística difusa triangular .....	105
Tabla 6.1 Datos obtenidos de experto en estadística .....	110
Tabla 6.2 Datos normalizados de experto en estadística .....	111
Tabla 6.3 Datos obtenidos de experto en economía .....	111
Tabla 6.4 Datos normalizados de experto en economía .....	111
Tabla 6.5 Datos obtenidos de experto en sociología .....	112
Tabla 6.6 Datos normalizados de experto en sociología .....	112
Tabla 6.7 Datos obtenidos de experto en administración .....	113
Tabla 6.8 Datos normalizados de experto en administración .....	113
Tabla 6.9 Resumen de medias geométrica de criterios de expertos para análisis de variables .....	113
Tabla 6.10 Datos normalizados de criterios de expertos para análisis de variables (resumen) .....	114
Tabla 6.11 Vectores difusos sintéticos resumen expertos en variables .....	115
Tabla 6.12 Ponderación general de criterios en la dimensión ecológica .....	117
Tabla 6.13 Ponderación general de criterios en la dimensión económica - regional .....	118
Tabla 6.14 Ponderación general de criterios en la dimensión económica – empresarial .....	119
Tabla 6.15 Ponderación general de criterios en la dimensión socio – regional .....	120
Tabla 6.16 Ponderación general de criterios en la dimensión socio – comunitaria .....	122
Tabla 6.17 Ponderación general de criterios en la dimensión experiencial .....	122
Tabla 6.18 Ponderación general de criterios en la dimensión institucional .....	124
Tabla 6.19 Ponderación general de criterios en la dimensión infraestructura .....	124
Tabla 6.20 Resumen de consistencia de matrices de estructura dimensional .....	157
Tabla 6.21 Datos obtenidos de expertos en análisis dimensional (media geométrica) .....	158
Tabla 6.22 Datos normalizados de expertos en análisis dimensional de la resiliencia .....	159
Tabla 6.23 Vectores difusos sintéticos de expertos en dimensiones de la resiliencia .....	160
Tabla 6.24 Resumen de consistencia de matrices de expertos en la dimensión económica regional..	164
Tabla 6.25 Datos obtenidos de expertos en análisis de la dimensión económico-regional (media geométrica) .....	165
Tabla 6.26 Datos normalizados de expertos en análisis de la dimensión económico-regional (media geométrica) .....	166
Tabla 6.27 Vectores difusos sintéticos de expertos en la dimensión económico-regional .....	167
Tabla 6.28 Resumen de consistencia de matrices de expertos en la dimensión económico-empresarial .....	171

Tabla 6.29 Datos obtenidos de expertos en análisis de la dimensión económico-empresarial (media geométrica) .....	172
Tabla 6.30 Datos normalizados de expertos en análisis de la dimensión económico-empresarial.....	172
Tabla 6.31 Vectores difusos sintéticos de expertos en la dimensión económico-empresarial .....	173
Tabla 6.32 Resumen de consistencia de matrices de expertos en la dimensión sociorregional .....	175
Tabla 6.33 Datos obtenidos de expertos en análisis de la dimensión sociorregional (media geométrica) .....	177
Tabla 6.34 Datos normalizados de expertos en análisis de la dimensión sociorregional .....	178
Tabla 6.35 Vectores difusos sintéticos de expertos en la dimensión sociorregional .....	179
Tabla 6.36 Resumen de consistencia de matrices de expertos en la dimensión socio – comunitaria..	184
Tabla 6.37 Datos obtenidos de expertos en la dimensión sociocomunitaria (media geométrica) .....	185
Tabla 6.38 Datos normalizados de expertos en análisis de la dimensión sociocomunitaria.....	186
Tabla 6.39 Vectores difusos sintéticos de expertos en la dimensión sociocomunitaria .....	187
Tabla 6.40 Resumen de consistencia de matrices de expertos en la dimensión institucional .....	190
Tabla 6.41 Datos obtenidos de expertos en análisis de la dimensión institucional (media geométrica) .....	191
Tabla 6.42 Datos normalizados de expertos en análisis de la dimensión institucional .....	191
Tabla 6.43 Vectores difusos sintéticos de expertos en la dimensión institucional .....	192
Tabla 6.44 Resumen de consistencia de matrices de expertos en la dimensión infraestructura .....	194
Tabla 6.45 Datos obtenidos de expertos en análisis de la dimensión infraestructura (media geométrica) .....	195
Tabla 6.46 Datos normalizados de expertos en análisis de la dimensión infraestructura.....	195
Tabla 6.47 Vectores difusos sintéticos de expertos en la dimensión infraestructura .....	196
Tabla 6.48 Datos obtenidos de expertos en la dimensión ecológica (media geométrica) .....	198
Tabla 6.49 Vectores difusos sintéticos de expertos en la dimensión ecológica .....	199
Tabla 6.50 Resumen de consistencia de matrices de expertos en la dimensión experiencial.....	201
Tabla 6.51 Datos obtenidos de expertos en análisis de la dimensión experiencial (media geométrica) .....	202
Tabla 6.52 Datos normalizados de expertos en análisis de la dimensión experiencial.....	203
Tabla 6.53 Vectores difusos sintéticos de expertos en la dimensión experiencial .....	204
Tabla 6.54 Ajuste estructural del modelo de decisión multicriterio .....	208
Tabla 7.1 Impacto de desastres en Ecuador desde 1900 hasta 2016.....	212
Tabla 8.1 Componentes del índice de pobreza HPI – 1 para países en vía desarrollo.....	231
Tabla 8.2 Ingresos medios anuales para la población de Baños de Agua Santa como componentes del índice Gini .....	231
Tabla 8.3 Sectores económicos en Baños de Agua Santa, para el cálculo de diversidad económica..	233
Tabla 8.4 Distribución del ingreso familiar en Baños de Agua Santa, principales estadísticos .....	235

Tabla 8.5 Localidades, habitantes y distancias para el análisis de incidencia gravitatoria comercial en Baños de Agua Santa. ....	236
Tabla 8.6 Estadísticos descriptivos de la dimensión económica–regional para el modelo de análisis multidimensional de la resiliencia en Baños de Agua Santa.....	237
Tabla 8.7 Frecuencias y porcentajes sobre la afirmación “El volcán trajo nuevas oportunidades”. ...	239
Tabla 8.8 Normalización de razones por las que el empresario se involucró en su negocio .....	240
Tabla 8.9 Frecuencias y porcentajes sobre criterios agrupados sobre ambiente empresarial.....	241
Tabla 8.10 Estadísticos descriptivos de la dimensión económico-empresarial para el modelo de análisis multidimensional de análisis de la resiliencia en Baños de Agua Santa .....	247
Tabla 8.11 Rangos de edad y población en Baños de Agua Santa.....	249
Tabla 8.12 Contingencia entre grado de preparación que tienen la familia y género del jefe de hogar .....	250
Tabla 8.13 Frecuencias y porcentajes sobre el nivel de orgullo de vivir en Baños – jefes de hogar. .	251
Tabla 8.14 Frecuencias y porcentajes de pobladores que consideran que la fe religiosa es una de las razones para que Baños continúe desarrollándose a pesar de las erupciones del volcán Tungurahua	257
Tabla 8.15 Frecuencias y porcentajes sobre nivel de orgullo del empresario de vivir en la ciudad de Baños.....	262
Tabla 8.16 Estadísticos descriptivos de la dimensión socio regional para el modelo de análisis multidimensional de análisis de la resiliencia en Baños de Agua Santa .....	268
Tabla 8.17 Frecuencias y porcentajes de análisis de competencias personales para la resiliencia (agrupado) .....	272
Tabla 8.18 Frecuencias y porcentajes de análisis de cohesión familiar para la resiliencia (agrupado)	273
Tabla 8.19 Frecuencias y porcentajes de análisis de competencia social – cohesión comunitaria para la resiliencia (agrupado).....	274
Tabla 8.20 Frecuencias y porcentajes de análisis de solidaridad – apoyo social para la resiliencia (agrupado) .....	275
Tabla 8.21 Frecuencias y porcentajes de análisis de nivel de confianza en la comunidad (sistema de liderazgo espontáneo).....	276
Tabla 8.22 Frecuencias y porcentajes nivel de confianza institucional.....	277
Tabla 8.23 Frecuencias y porcentajes de capacidad de colaboración como característica del empresario baneño .....	278
Tabla 8.24 Estadísticos descriptivos de la dimensión socio - comunitaria para el modelo de análisis multidimensional de análisis de la resiliencia en Baños de Agua Santa .....	280
Tabla 8.25 Estadísticos descriptivos de la dimensión institucional para el modelo de análisis multidimensional de análisis de la resiliencia en Baños de Agua Santa .....	285
Tabla 8.26 Estadísticos descriptivos de la dimensión infraestructura para el modelo de análisis multidimensional de análisis de la resiliencia en Baños de Agua Santa .....	290
Tabla 8.27 Frecuencias y porcentajes grado de preparación de las familias frente a un desastre de origen natural .....	294

Tabla 8.28 Frecuencias y porcentajes de la importancia de la experiencia previa que permite el desarrollo de capacidades para hacer frente a potenciales desastres .....	296
Tabla 8.29 Frecuencias y porcentajes de nivel de orgullo que tienen los jefes de hogar frente al sistema de gestión de riesgos de Baños .....	297
Tabla 8.30 Frecuencias y porcentajes de percepción de expectativas económicas luego de la actividad volcánica del Tungurahua.....	298
Tabla 8.31 Frecuencias y porcentajes de percepción de afectación a la salud por la erupción del volcán Tungurahua.....	299
Tabla 8.32 Estadísticos descriptivos de la dimensión experiencial para el modelo de análisis multidimensional de análisis de la resiliencia en Baños de Agua Santa .....	300
Tabla 8.33 Prueba de normalidad por dimensiones de las calificaciones ponderadas ajustadas para el modelo de análisis multidimensional de análisis de la resiliencia en Baños de Agua Santa.....	303
Tabla 9.1 Estadísticos descriptivos de ponderaciones ajustadas de los criterios del modelo .....	308
Tabla 9.2 Prueba de normalidad por dimensiones de los criterios ponderados y ajustados del modelo .....	311
Tabla 9.3 Factores de alto impacto para la resiliencia por criterio ponderado ajustado .....	311
Tabla 9.4 Factores de impacto relativamente alto para la resiliencia por criterio ponderado ajustado	312
Tabla 9.5 Factores de impacto relativamente bajo para la resiliencia por criterio ponderado ajustado .....	312
Tabla 9.6 Factores de bajo impacto para la resiliencia por criterio ponderado ajustado .....	313
Tabla 9.7 Valores ponderados ajustados para el modelo de análisis multidimensional de la resiliencia en Baños de Agua Santa .....	314
Tabla 9.8 Estadísticos descriptivos de las calificaciones ponderadas ajustadas para el modelo de análisis multidimensional de análisis de la resiliencia en Baños de Agua Santa.....	315
Tabla 9.9 Factores de relevancia muy alta en el modelo de análisis multidimensional de la resiliencia en la ciudad de Baños de Agua Santa.....	318
Tabla 9.10 Factores de relevancia alta en el modelo de análisis multidimensional de la resiliencia en la ciudad de Baños de Agua Santa .....	318
Tabla 9.11 Factores de relevancia baja en el modelo de análisis multidimensional de la resiliencia en la ciudad de Baños de Agua Santa .....	319
Tabla 9.12 Factores de relevancia muy baja en el modelo de análisis multidimensional de la resiliencia en la ciudad de Baños de Agua Santa.....	319
Tabla 9.13 Criterios para acción inmediata en la gobernanza adaptativa de Baños de Agua Santa....	322
Tabla 9.14 Criterios para el fortalecimiento continuo en la gobernanza adaptativa de Baños de Agua Santa .....	322
Tabla 9.15 Criterios para acciones a mediano plazo en la gobernanza adaptativa de Baños de Agua Santa .....	323
Tabla 9.16 Criterios para acciones a largo plazo en la gobernanza adaptativa de Baños de Agua Santa .....	324

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 0.1 Visiones de la complejidad organizada .....	13
Cuadro 1.1 Conceptos Básicos para el Estudio de un Sistemas Complejo .....	23
Cuadro 1.2 Síntesis de las propiedades de los sistemas .....	25
Cuadro 1.3 Niveles de los procesos en un sistema complejo .....	25
Cuadro 1.4 Analogías entre funciones del modelo de panarquía con diferentes tipos de sistemas.....	30
Cuadro 1.5 Enfoques y aplicaciones del modelo de panarquía .....	33
Cuadro 2.1 Investigaciones relevantes sobre la teoría de la resiliencia .....	43
Cuadro 2.2 Investigaciones relevantes sobre metodologías aplicadas al estudio de la resiliencia.....	45
Cuadro 2.3 Investigaciones relevantes sobre aplicaciones empíricas del concepto de resiliencia.....	47
Cuadro 3.1 Criterios de la dimensión ecológica de la resiliencia.....	81
Cuadro 3.2. Criterios de la dimensión económica regional de la resiliencia.....	81
Cuadro 3.3 Criterios de la dimensión económica empresarial de la resiliencia .....	82
Cuadro 3.4 Criterios de la dimensión infraestructura de la resiliencia.....	83
Cuadro 3.5 Criterios de la dimensión institucional de la resiliencia .....	83
Cuadro 3.6 Criterios de la dimensión socio regional de la resiliencia .....	84
Cuadro 3.7 Criterios de la dimensión socio – comunitaria de la resiliencia .....	85
Cuadro 3.8. Criterios de la dimensión experiencial de la resiliencia .....	85
Cuadro 9.1 Relación de criterios impacto vs relevancia en el cantón Baños .....	326



# CAPÍTULO INTRODUCTORIO

## 0.1 INTRODUCCIÓN

Los sistemas socioecológicos están expuestos a constantes cambios que hacen necesaria la búsqueda de herramientas para el análisis de la complejidad, incertidumbre y emergencia que en ellos se presenta. Una visión epistemológica que trace las directrices teóricas y un método orientado a la gestión adaptativa son necesarios para comprender y establecer acciones que deriven en procesos de desarrollo e innovación. Dentro de este contexto surge la resiliencia como un proceso que marca diferencias entre circunscripciones territoriales, regiones, países, continentes o el propio sistema mundo.

Esta investigación busca ir más allá de los límites conceptuales de la resiliencia, que aún son tema de discusión en el ámbito científico, y propone un método de enfoque multidimensional para su análisis; quiere ser, más que un estudio con rigor científico, una propuesta pragmática para beneficio social, entendiendo que la resiliencia es un factor determinante en el éxito o el fracaso de sociedades afectadas por desastres de origen natural. Preguntas como ¿qué es lo que hace a una población resiliente frente a un desastre de origen natural? y ¿cuáles son los factores críticos que permiten su adaptabilidad? son el objeto de estudio de este trabajo.

La tesis tiene la siguiente estructura: una sección introductoria, cuatro partes y nueve capítulos. La primera parte plantea el marco teórico, que aborda los orígenes de la resiliencia y hace las aproximaciones conceptuales para su tratamiento. La segunda se orienta al tratamiento metodológico y establece los procesos, métodos y técnicas para acercarse al caso empírico. La tercera parte propone la población de Baños de Agua Santa como un estudio de caso en el que se verifica el modelo de análisis propuesto generando los *outputs* que dan respuesta a las principales interrogantes planteadas. La cuarta parte recoge las conclusiones más relevantes y establece las líneas futuras de investigación.

La sección introductoria inicia con el planteamiento del paradigma científico desde la visión epistemológica de la complejidad (Morín, 1981). Es ahí que las interacciones de desorden, orden y organización configuran un bucle tetralógico dinámico que determina el desarrollo y la evolución en las cosas que existen en el universo. Los sistemas socioecológicos y la complejidad encuentran su interdependencia en la necesidad de comprender el cambio, la innovación, la transformación e inclusive el propio colapso y destrucción.

Al enfocarse este estudio en los eventos desequilibrantes de los sistemas socioecológicos y, de manera específica, en el impacto de las catástrofes de origen natural, aparecen dos conceptos fundamentales, vulnerabilidad y resiliencia. El primero entendido como el grado en que un sistema puede verse afectado por la exposición a un peligro, mientras que el segundo relacionado con las capacidades de ese sistema para afrontar el peligro (Turner II, 2010). En consecuencia, esta investigación busca comprender la resiliencia como un proceso dentro de los sistemas, entendidos como dinámicos y complejos.



El método con el que es tratada la resiliencia exige un estudio de las estructuras que lo soportan, por esta razón el *capítulo I* presenta una definición de cómo se entenderán un sistema, un sistema complejo y un sistema adaptativo complejo (SAC). El cambio adaptativo y la complejidad de las relaciones en los SAC encuentran en el modelo heurístico de panarquía (Gunderson y Holling, 2004) la forma de racionalizar la interacción entre el cambio y la persistencia, entre lo predecible y no predecible; es ahí donde la resiliencia está presente como un proceso transversal.

Determinado el contexto del estudio, en el *capítulo II* se presenta una aproximación conceptual de la resiliencia, luego de hacer un recorrido por las diferentes corrientes y enfoques que la han tratado a nivel teórico, metodológico y empírico. Se enlaza la resiliencia con las capacidades de los SAC, así como se llega a consensuar sus propiedades. La circunscripción de la resiliencia en el territorio, que en una visión más amplia es entendido como región, y el fenómeno específico de estudio que son los desastres de origen natural permiten definir las dimensiones que delinean las directrices para un tratamiento metodológico en esta investigación.

El *capítulo III* trata las formas en que la resiliencia es medida e identifica tres enfoques: cualitativo, cuantitativo y mixto. Considera la propuesta de Gall (2013) cuando plantea una clasificación de las métricas de la resiliencia basadas en cuatro aspectos: los *outputs*, los *inputs*, un enfoque de escenarios y un enfoque orientado a los sistemas complejos. La relación de las dos propuestas deja un espacio para insertar al análisis multicriterio difuso como una propuesta para el análisis multidimensional de la resiliencia, metodología de carácter mixto justificada por los sistemas complejos.

La segunda parte inicia con el *capítulo IV*, que describe el proceso metodológico que será utilizado en la investigación, detalla las principales etapas y establece cómo el Análisis Multicriterio Difuso (FAHP) articulará las dimensiones y criterios para tratar la resiliencia. Las técnicas de investigación que son tomadas como herramientas para desarrollar los *inputs* del modelo provienen tanto de fuentes primarias como secundarias. Las primarias hacen uso de la observación, la encuesta y la entrevista, mientras que las secundarias de bases de datos y registros oficiales, tanto de instituciones públicas como organismos internacionales.

El *capítulo V* hace una revisión de la teoría de Análisis Jerárquico Multicriterio (AHP) planteado por Thomas Satty a finales de los años 70 y justifica su vigencia para el tratamiento de problemas de decisión de estructura compleja. El análisis de la resiliencia y la gestión adaptativa que de ella se deriva exigen métodos y técnicas que consideren su complejidad, incertidumbre y emergencia; el AHP se presenta como una opción con ventajas tangibles, como la posibilidad de abordar múltiples criterios, determinar su relevancia y establecer prioridades de acción. Como una evolución de AHP, y con el fin de establecer correctivos a sus limitaciones, se describe la propuesta de Chang D.-Y. (1996) y Huang y Wu, (2005) que incluye la lógica difusa para lograr un modelo de análisis de decisión estructurado sobre la base del Análisis Jerárquico Multicriterio Difuso (FAHP).

Para el *capítulo VI*, el FAHP habilita el diseño del modelo de análisis de la resiliencia en zonas afectadas por desastres de origen natural. Luego de un proceso de validación y selección de variables, se procede a la caracterización de criterios que integrarán ocho dimensiones: ecológica, económico-regional, económico-empresarial, sociorregional,



sociocomunitaria, institucional, experiencial y de infraestructura; todas estas interrelacionadas de forma jerárquica y determinadas por los juicios de 26 expertos en 56 criterios seleccionados.

La tercera parte inicia en el *capítulo VII* con una descripción de la región seleccionada como objeto de estudio empírico. Ecuador está ubicado en una de las zonas de mayor riesgo de afectación por desastres de origen natural en el mundo. Tiene un extenso historial de catástrofes que han dejado miles de víctimas e incalculables pérdidas económicas. Dentro de este contexto se encuentra Baños de Agua Santa, pequeña población ecuatoriana de 21000 habitantes ubicada en una zona de alto riesgo sísmico y volcánico, la cual ha sabido responder de forma resiliente a los efectos destructivos del volcán Tungurahua, lo que le llevaría a ser reconocida en 2014 como “ciudad resiliente” por parte de la Organización de las Naciones Unidas. En este capítulo, la historia socioecológica de Baños se describe dentro del modelo de panarquía, el mismo que permite evidenciar a la resiliencia como uno de los elementos claves en la dinámica evolutiva de esta región.

Para el *capítulo VIII*, luego del proceso de levantamiento de información, los criterios en el modelo de análisis de la resiliencia en cada una de las ocho dimensiones, son alimentados, validados y normalizados para integrarse como valores interpretativos, tanto en el análisis unidimensional como multidimensional. Esta etapa de la investigación es crítica y su solidez está determinada por la calidad de la información obtenida tanto a nivel de fuentes primarias como secundarias. Cabe destacar que los datos obtenidos son en gran parte gracias a la participación de 306 empresarios, 290 jefes de hogar, líderes comunitarios, técnicos y científicos que durante dieciséis años han sido parte de los procesos de reconstrucción social y económica de Baños de Agua Santa.

Encontrar una forma sintética de interpretar la resiliencia sería contrario a la visión indeterminista que pretende desarrollar este estudio. Si bien la metodología de análisis basada en el FAHP llega a establecer cuantificaciones sobre este concepto, lo que en realidad es de interés para este estudio son las cualificaciones que se convierten en guías de la gestión y la gobernanza adaptativa. Es por ello que en el *capítulo IX* se puede identificar, como resultado del modelo, un factor de carácter multidimensional que podría entenderse como un resumen de la situación de la resiliencia en el caso empírico escogido. Sin embargo, lo relevante está en las comparaciones cualitativas que se generan a partir de la estructura del modelo “ideal” y los resultados obtenidos en la población de Baños de Agua Santa; como consecuencia se propone una matriz de acciones para el desarrollo y fortalecimiento de la resiliencia en esta región. En este capítulo se pueden identificar tanto los factores críticos de la resiliencia, según el modelo FAHP, como los factores que son relevantes en la región de estudio, luego que los datos del caso empírico han sido tratados por este. Así, las interrogantes planteadas en los primeros capítulos de este trabajo logran sus respuestas, que no buscan ser verdades únicas, sino elementos de reflexión que permitan ampliar aún más la investigación de la resiliencia y sus crecientes aplicaciones.

## 0.2 ANTECEDENTES

Ecuador es un país localizado en la zona noroccidental de Sudamérica. Tiene una población que supera los 16 millones de habitantes y una extensión de 283 561 km<sup>2</sup> que lo ubican como el más densamente poblado de América del Sur. Es parte del cinturón de fuego del Pacífico y sus condiciones geomorfológicas lo dejan expuesto a un sinnúmero de desastres de origen natural, tales como inundaciones, erupciones volcánicas, terremotos, deslizamientos de masa, etc.; eventos que solo en las últimas cuatro décadas han dejado miles de muertos, damnificados e incalculables pérdidas económicas que particularmente han afectado a la población más vulnerable (FAO, 2009). En los últimos dieciséis años se han registrado siete eventos de grandes magnitudes: tres erupciones volcánicas (volcanes Reventador, Tungurahua y Cotopaxi), una inundación (provincias del litoral en 2008) y tres terremotos (Tena 2010, Calderón 2014 y Pedernales 2016), dejando cerca de dos millones de damnificados y pérdidas en infraestructura pública y privada (D'Ercole y Trujillo, 2003; FAO, 2009; UNU-EHS, 2016).

Los desastres constituyen momentos de ruptura de la dinámica de desarrollo y crisis que en la mayoría de los casos repercuten en la población y su territorio; de ahí la principal motivación por contribuir, a través de la investigación, a mejorar los procesos de gestión de riesgo. Durante los cuatro últimos años el Ecuador ha desarrollado políticas encaminadas hacia la gestión de riesgo, creando una secretaría técnica que norma y coordina los procesos y acciones antes, durante y después de eventos catastróficos. La necesidad de generar propuestas que coadyuven a reducir la vulnerabilidad e incrementar la resiliencia es prioritaria no solo para Ecuador, sino para el mundo (ONU, 2015). Dentro de este contexto, la búsqueda de los mecanismos más adecuados para identificar los factores críticos que hacen a una población menos vulnerable y más resiliente al impacto de fenómenos naturales, identificó en la población de la ciudad de Baños de Agua Santa, que durante dieciséis años ha vivido las consecuencias de la erupción del volcán Tungurahua, actitudes resilientes que han sido reconocidas incluso por la Organización de las Naciones Unidas.

La ciudad de Baños de Agua Santa se encuentra asentada sobre una meseta basáltica en las faldas del volcán Tungurahua (5023 m) (Ecuador), a 180 Km de Quito y 35 km de Ambato; mantiene una temperatura promedio de 20°C y tiene una geografía irregular dominada por montañas, laderas, pendientes y grandes saltos de agua que configuran paisajes de alto valor turístico que han sido aprovechados por la población para el desarrollo de actividades económicas relacionadas con la recreación y el ocio. Actualmente la población, que no supera los 21 000 habitantes, cuenta con cerca de 3 150 empresas activas (INEC, 2014) y se ha ubicado dentro de los cinco primeros destinos turísticos más visitados de Ecuador. Esta realidad contrasta con la vivida en 1999, cuando el volcán presentó evidencias de una erupción inminente, por lo que las autoridades declararon la alerta naranja y realizaron una evacuación forzosa el 16 de octubre de ese año, dejando como resultado la destrucción de la estructura social y económica, lo que obligó a la población a tomar medidas drásticas para retornar a su ciudad el 5 de enero de 2000, luego de graves enfrentamientos con la fuerza pública (Lane et al., 2003).

Una serie de desaciertos por parte del gobierno y las instituciones encargadas de manejar la crisis provocaría en la población desconfianza y rechazo, que se haría evidente durante la expulsión de las Fuerzas Armadas y Policía Nacional en los meses posteriores

al retorno de la primera evacuación (Tobin y Whiterford, 2002). Una actitud proactiva con altos niveles de resiliencia dentro de una dinámica de cambio adaptativo permitiría reconstruir el tejido social y empresarial de Baños. Durante más de quince años la ciudad se reinventó, aprendió a convivir con el desastre y encontró en este oportunidades para el desarrollo, llevándola a mejorar sus condiciones de vida, inclusive superando su realidad antes del desastre.

Baños de Agua Santa se convierte en un “modelo” para promover la resiliencia y en un espacio que permite indagar sobre la dinámica compleja de los sistemas socioeconómicos y ecológicos que están en constante cambio y evolución. Es una motivación oportuna para plantearse un modelo de análisis multidimensional de la resiliencia y estudiar los factores críticos de adaptabilidad que están presentes en esta región.

Baños es una ciudad con un alto riesgo volcánico y sísmico (Demoraes & D’Ercole, 2001). Los eventos eruptivos que constan dentro de los registros históricos hacen referencia a los siguientes periodos: 1641-1646, 1773-1781, 1886-1888, 1916-1918. Respecto de los dos últimos se tiene una importante descripción del proceso eruptivo y sus consecuencias: caminos y cultivos fueron destruidos tanto por los lahares como por los flujos piroplásticos (Hall et al., 1999); situación que se repetiría en la última erupción que se mantiene hasta la actualidad. Baños se encuentra ubicada en una zona de alto riesgo de desastre y es parte de los muchos destinos turísticos que viven esta realidad, algunos de los cuales han sido documentados a través de casos de estudio (Abel, 2008; Becken y Hughey, 2013; Hystad y Keller, 2008; Orencio y Fujii, 2013; Tsai y Chen, 2011), donde se evidencian procesos de adaptación e innovación como respuesta de la población a los efectos de los desastres de origen natural. Inclusive la Organización Mundial de Turismo publicaría un manual orientado a mitigar ciertos efectos de estos (UNWTO, 2011) en zonas con potenciales atractivos y paisajes que son focos de desarrollo para esta actividad económica.

En busca de un marco teórico pertinente para comprender la complejidad de las variables que interactúan en la recuperación en zonas de desastre, este trabajo explica la dinámica de desarrollo de la ciudad de Baños en torno al impacto de la erupción del volcán Tungurahua sobre la base del modelo heurístico de panarquía (Gunderson y Holling, 2002), a la vez que identifica una serie de variables que se corresponden a un grupo de criterios relevantes, considerados pertinentes para la evaluación de la resiliencia. Este estudio incorpora en las diferentes fases del modelo de panarquía el proceso de desarrollo de la ciudad de Baños antes, durante y después de la erupción del Tungurahua. Al ser el modelo una representación de los sistemas adaptativos complejos (Gunderson y Holling, 2002), sus características, propiedades y dinámica se extrapolan a la población de estudio, obteniéndose un primer diagnóstico de sus variables de estado.

### **0.3 OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

El presente trabajo de investigación plantea una perspectiva multidimensional de la resiliencia; dicho de otro modo, aborda la resiliencia considerando sus diferentes enfoques a nivel social, económico, institucional, de infraestructura, ecológico, etc., y su relación con el territorio. Este enfoque pretende complementar y enriquecer las aproximaciones conceptuales y metodológicas que tradicionalmente se han venido realizando en este campo.

El estudio aborda la resiliencia haciendo uso de herramientas metodológicas que han sido poco utilizadas para este campo, pero que, sin embargo, por sus características permiten una visión más completa de la compleja relación de variables que se presentan en la dinámica de recuperación de zonas afectadas por desastres de origen natural. Haciendo uso de la estructura de Análisis Jerárquico Multicriterio Difuso (FAHP), se busca modelizar y consolidar una metodología que sea adecuada para identificar fortalezas y debilidades de las regiones en torno a su resiliencia.

Dentro de este contexto se plantean tres objetivos, el primero orientado hacia el tratamiento teórico de la resiliencia, su evolución conceptual y sus elementos relevantes visualizados desde la perspectiva de los sistemas adaptativos complejos. El segundo objetivo busca proponer procesos metodológicos que permitan el tratamiento de la resiliencia considerando los múltiples criterios y las complejas relaciones que están inmersos dentro de ella. El tercer objetivo pone a prueba el planteamiento metodológico en la ciudad de Baños de Agua Santa en Ecuador, una región que por sus características fue considerada por las Naciones Unidas en 2014 como “Ciudad Resiliente”, luego de demostrar procesos de adaptabilidad evolutiva durante la intermitente actividad volcánica durante más de dieciséis años. Así, los objetivos de este trabajo se plantean a continuación:

- Establecer una definición de la resiliencia bajo el paradigma de los sistemas adaptativos complejos que permita comprender los procesos dinámicos de recuperación de zonas afectadas por desastres de origen natural.
- Definir una metodología que permita el análisis multidimensional de la resiliencia en zonas afectadas por desastres de origen natural.
- Determinar las características multidimensionales de resiliencia presentes en la ciudad de Baños de Agua Santa en la provincia de Tungurahua (Ecuador), incorporando un factor de medida que permita estudios comparativos regionales.

Definidos los objetivos y considerando las primeras aproximaciones a la literatura científica relacionada con la resiliencia, es posible plantearse las siguientes hipótesis:

- La resiliencia es multidimensional y sus variables pueden ser tratadas como un proceso de decisión multicriterio discreto.
- Una estructura multidimensional de resiliencia basada en métodos de decisión multicriterio discreto en condiciones de incertidumbre permite una valoración desagregada que facilita el establecimiento de políticas de gobernanza adaptativa.
- Los factores críticos de la resiliencia están determinados por variables de carácter endógeno.

#### **0.4 PARADIGMA CIENTÍFICO**

Los problemas a los que se enfrenta la ciencia han sido tratados desde el “paradigma de simplificación” (Morín, 1994, p.26), desde la división del conocimiento que luego se

reagrupa para explicar los fenómenos, un saber enciclopédico que limita la comprensión de la complejidad del mundo con sus acciones e interacciones, con sus certezas y sus incertidumbres. Este método en el tratamiento de la ciencia sigue los postulados de Descartes (1637) y se fundamenta en la certeza de las “ideas claras y distintas” que determinan la verdad. El paradigma cartesiano permitiría el desarrollo de los conocimientos científicos durante varios siglos; sin embargo, acarrearía un problema fundamental, la simplificación de los tres campos del conocimiento: la física, la biología y la ciencia del hombre. Esto supuso la reducción de lo biológico a lo físico y de lo humano a lo biológico; se da respuesta a los problemas de naturaleza complicada, dejando de lado aquellos de naturaleza compleja; para Morín (1994), los primeros son divididos para *explicarlos*, mientras que los segundos son *comprendidos* en su totalidad como un sistema (Morín, 1994)..

La ciencia ha sido gobernada por un pensamiento determinista que obedece a una secuencia lógica progresiva, mientras que la realidad obedece al desorden, el caos, la no-linealidad, el no-equilibrio, la incertidumbre, la contradicción, el azar, la temporalidad, la emergencia, la auto-organización (Morín, 1981). Una corriente determinista no podría comprender los problemas de la humanidad, porque éstos son complejos; por lo que se requiere partir desde la orilla opuesta, el indeterminismo, actitud filosófica contraria al determinismo que considera que los acontecimientos dependen de un proceso causal no lineal, esto es por azar; entendido como un sistema de causas no coordinadas (Popper, 1988).

Frente a las críticas del enfoque indeterminista, el determinismo ha buscado redefinirse integrando la característica de aleatoriedad a los procesos y fenómenos. Aparece así el “caos determinista”<sup>1</sup> (Fernández, 1994:23). Para René Thom (1990) es más adecuado hablar de un *mélange* de determinismo controlable y de indeterminismo práctico, por lo que para esta corriente el progreso científico se dará en la introducción del segundo en el primero. Popper (1988), al confrontar los dos enfoques, concluye que el pensamiento determinista está ligado con la simplicidad, que busca a través de la contrastación establecer teorías universales que expliquen el mundo; sin embargo, el mundo está lleno de interacciones complejas y la contrastación en esa realidad muchas veces no es posible. Lo ideal es construir teorías que expliquen, en la medida de las posibilidades del conocimiento, el mundo y su realidad compleja, algo que desde el determinismo y su carácter de “ultrasimplificación” es poco probable.

El esfuerzo de la ciencia está en explicar el mundo en función de teorías “universales”, pero estas son solo aproximaciones a la realidad (Popper, 1988) que requieren evolucionar. Es así que el camino del determinismo se convierte en una camisa de fuerza que simplifica, reduce y limita. Por otro lado, el indeterminismo permite desarrollar teorías que evolucionan, racionalizan y establecen redes para tratar de examinar el mundo. Como se ha planteado, la complejidad del universo requiere de una nueva concepción de la ciencia, que permita comprender una diversidad de problemas que han sido ignorados y simplificados en algunos casos hasta la irracionalidad. Se entenderá entonces la complejidad como un paradigma científico emergente, una novedad que se ubica en el margen de la ciencia contemporánea (Rodríguez y Aguirre, 2011) y que se impulsa fuera de sus fronteras.

---

<sup>1</sup> En términos generales, el caos determinista da lugar a trayectorias asociadas a la evolución temporal de forma muy irregular y aparentemente azarosa que, sin embargo, son totalmente deterministas, a diferencia del azar genuino.



Ese universo que ha sido estudiado desde la ciencia física bajo un paradigma de orden absoluto de cumplimiento de leyes inmutables, en la actualidad se está abriendo a la realidad compleja bajo principios de degradación y desorden; el universo no es una máquina perfecta, sino un proceso en vías de desintegración y al mismo tiempo de organización (Morín, 1994). Ese orden y desorden que coexisten en el universo y que configuran una realidad compleja, evolucionan desde los principios de la termodinámica. El primero de ellos sustenta a la energía como entidad indestructible: “la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma”, plantearía Carnot en 1824, lo que ofrece al mundo físico una “garantía de autosuficiencia y eternidad para todos sus trabajos” (Morín, 1981:51). Por otro lado, Clausius en 1850 introduce el concepto de degradación de la energía, que limitaría a la primera Ley, ya que establece la imposibilidad de convertir completamente toda la energía de un tipo en otro sin pérdidas; esta disminución irreversible de la aptitud para transformarse fue denominada *entropía*. Este principio de degradación de la energía se transformaría en el principio de degradación del orden, fundamentado por Boltzmann en 1877 y por Gibbsy Planck en 1900. Morín (1994, 52) considera que la entropía es una noción que significa simultáneamente degradación de la energía, del orden y de la organización. El planteamiento de Boltzmann incorpora la probabilidad estadística en la configuración ordenada o desordenada en el interior de un sistema<sup>2</sup>, permite medir y prever el desorden, dándose la posibilidad de controlarlo.

En torno a estas consideraciones de orden y desorden, Morín (1981) plantea la idea de un universo que establece su orden y su organización en la turbulencia, la inestabilidad, la desviación, la improbabilidad, es decir, un desorden organizador. Un elemento que incorpora como catalizador del orden son las interacciones, entendidas como:

...acciones recíprocas que modifican el comportamiento o la naturaleza de los elementos, cuerpos, objetos y fenómenos que están presentes o se influncian, estas interacciones suponen elementos, seres u objetos materiales, que pueden encontrarse; suponen condiciones de encuentro; obedecen a determinaciones que dependen de la naturaleza de los elementos, objetos o seres que se encuentran; en ciertas condiciones se convierten en interrelaciones que dan lugar a fenómenos de organización (Morín, 1981:58-59).

En consecuencia, en el desorden se generarán encuentros que permitirán interacciones que promueven la organización y el orden. Así, se aumentará la diversidad y complejidad de los efectos y trasformaciones surgidos de esas interacciones, se partirá de sistemas organizados de átomos a moléculas, a seres vivos, a sociedades, etc.

---

<sup>2</sup> Las configuraciones desordenadas son las más probables y las ordenadas las menos probables; es decir, el desorden y la desorganización se identifican con la mayor probabilidad física para un sistema cerrado (Morín, 1981; 52).

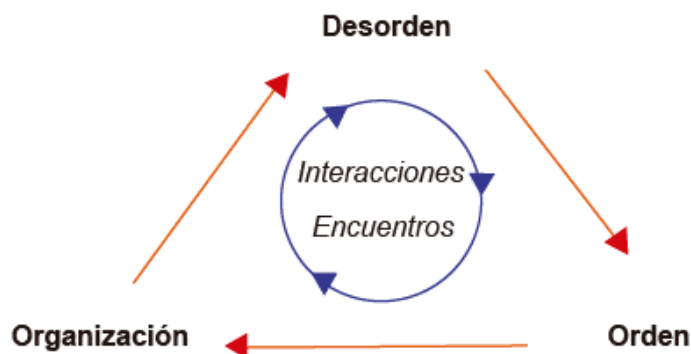


Figura 0.1 Interacciones de desorden, orden y organización  
Fuente: *El Método: La Naturaleza de la Naturaleza*. Morín, (1981)

En este bucle de coproducción mutua de Morín (1981) se identifica una característica: una vez constituidos la organización y su orden, generan una resistencia (principio básico de la resiliencia) capaz de soportar un gran número de desórdenes. Este juego de desintegración organizadora es el “caos”, es el momento de la organización, de la concentración que origina el orden, es el remolino del bucle tetralógico.



Figura 0.2 Bucle tetralógico  
Fuente: *El Método: La Naturaleza de la Naturaleza*, Morín (1981:77).

Lo que llama la atención a Morín es justamente la transformación genésica del caos en logos: a partir de la explosión cósmica del universo se genera un determinismo cósmico, un orden universal que parece inalterable. Esa explosión inicial sigue en expansión generando un universo donde el desorden y la dispersión son la norma y donde los eventos organizadores son casi improbables, pero que dan origen a pequeños archipiélagos donde el orden y la organización han podido emerger.

En este sentido se plantea que una improbabilidad general (la vida) se ha transformado en un infinito de probabilidades locales. Así, Morín concluye:

Todo lo que se ha constituido como organizador y creador se ha hecho fuera de toda probabilidad estadística. La probabilidad estadística pierde pie ante todo lo que es innovación, invención, evolución. Y esta es la razón de que la probabilidad estadística, por lo que respecta al futuro no pueda ser más errónea, puesto que este futuro debe ser evolutivo; no puede ser más evolutivo puesto que la organización apenas comienza sus desarrollos (Morín, 1981:84).

Se tiene entonces, según Morín (1981:85), dos sistemas de referencia que coexisten, “pero difieren en la disposición de lo que es satélite y lo que es central”. Por una parte, la organización y el orden son desviaciones en la gran diáspora; por otro, ese desorden es el principio de un orden y organización que se desarrolla. Desde la perspectiva reduccionista, al

no poder considerar el orden y la organización como desviación y norma del universo a la vez, se obliga a seleccionar entre una de las dos visiones, orden o desorden; pero se ha entendido que su relación no puede ser quebrada y que hay que entenderla en su naturaleza simbiótica, en su naturaleza compleja. Se buscará comprender los fenómenos en la interdependencia del orden y del desorden en el “bucle tetralógico” que esboza el primer principio del universo complejo (Morín, 1981).

Entendida la entropía como degradación, desorden y desorganización, tanto en los sistemas abiertos como cerrados, toda regresión (*neguentropía*) o estatismo de esta influye en el incremento de entropía en el entorno que engloba el sistema. Para Morín (1981), este es el elemento que completa el bucle tetralógico, creando un círculo irreversible espiraloide donde las pérdidas de entropía permiten la dispersión, tomando nuevas formas a través de la relación desorden/orden/organización (Figura 0.3). Dentro de este ciclo de destrucción creativa, se propone a la resiliencia como un proceso que actúa de forma modular controlando la dinámica evolutiva del sistema y permitiendo su innovación y evolución sin que pierdan sus funciones esenciales. Este planteamiento será discutido en los siguientes capítulos.



Figura 0.3 Relación orden, desorden, organización enlazados por la resiliencia como proceso modular  
Fuente: *El Método: La Naturaleza de la Naturaleza*. Elaboración a partir de Morín (1981),

Se bosquejan de esta manera tres enunciados que serán el soporte del presente estudio, donde la concepción de la complejidad del objeto estudiado tendrá en cuenta (Morín, 1981) que:

- El desorden produce el orden y la organización (a partir de los constreñimientos iniciales y de las interacciones).
- El orden y la organización producen desorden (a partir de transformaciones).
- Todo lo que produce orden y organización produce también irreversiblemente desorden.

Pero, ¿cómo comprender la realidad de la naturaleza? ¿Cómo comprender esas interacciones complejas? En primer lugar, se identifica el espacio donde se da cita la naturaleza con sus interacciones. En base a lo planteado, ese espacio está dado por los archipiélagos de orden que cohabitan en un océano de desorden (Morín, 1981), cada uno de los cuales está compuesto por una serie de elementos que interactúan y se relacionan. Estas interacciones constantes e infinitas serían para Bertalanffy (1968) un nuevo



paradigma, el mismo que se fundamenta en su Teoría General de Sistemas, que parte desde la biología y que se expande en diversas direcciones.

Estos primeros planteamientos justifican la forma en que se abordarán los problemas a los que se enfrenta el presente estudio, construyendo un marco epistemológico que esboza el método general, como procedimiento, que se aplicará al ciclo de la investigación (Bunge, 1985). La complejidad es el paradigma<sup>3</sup> escogido, el cual permite establecer lo que se debe observar, las interrogantes que se deben plantear, el cómo deben escrutarse esas interrogantes y cómo deben interpretarse los resultados de la investigación. El paradigma de la complejidad o las teorías de los sistemas complejos (Solana, 2011) incorporarán un conjunto de principios genéricos articulados, tales como la cibernética, la teoría general de sistemas, la teoría de catástrofes<sup>4</sup>, la teoría del caos y la teoría del cambio adaptativo (Holling et al., 2002; Reynoso, 2006; Solana, 2011), que serán abordados en esta investigación.

## 0.5 EL ENFOQUE DE LA COMPLEJIDAD

Se han presentado los conceptos de orden, desorden, organización e interacciones en una dinámica donde la entropía y neguentropía juegan un papel fundamental en el desarrollo de los sistemas, estos últimos enlazados con los fenómenos de autoorganización. El principio de autoorganización de Ashby (1962) indica que las organizaciones tienden a modificarse cualitativa y cuantitativamente, de un nivel simple a uno de mayor complejidad. El incremento de los niveles de organización “provocan que las relaciones del sistema adquieran un sentido más ordenado, si bien más sensible al cambio” (De la Reza, 2010:126). Pero ¿qué se entiende por complejidad? A priori este es un fenómeno cuantitativo en el que se dan una cantidad extrema de interacciones, interferencias, incertidumbres, indeterminaciones y fenómenos aleatorios.

La complejidad es una novedad en la historia de la ciencia contemporánea, siendo considerada inclusive como un “nuevo tipo de ciencia” (García, 2006). Los problemas a los que ella refiere, así como las propiedades con las que suele caracterizarse a los sistemas complejos, como evolución no lineal, autoorganización, emergencia, transiciones orden/caos, continuidad y cambio de estructuras, entre otros, han sido estudiadas desde otras perspectivas de la ciencia en distintos tiempos (Rodríguez y Aguirre, 2011). La complejidad se entenderá como un paradigma científico que involucra un nuevo modo de hacer y entender la ciencia superando las fronteras de la ciencia moderna sujetas al mecanicismo reduccionista y el determinismo (Delgado, 2004; Sotólogo y Delgado, 2006).

<sup>3</sup> Se hace referencia al paradigma científico planteado por Kuhn (1962). En su obra *La estructura de las revoluciones científicas*, considera a los paradigmas como realizaciones científicas universalmente reconocidas que, durante cierto tiempo, proporcionan modelos de problemas y soluciones a una determinada comunidad científica.

<sup>4</sup> A pesar de los antagonismos científicos entre Edgar Morín y René Thom, la teoría de catástrofes explicada por este último aportaría con una idea fundamental para comprender la complejidad, ya que explica cómo unir la creación a una ruptura de forma o catástrofe. Presenta en lo fundamental la propensión de los sistemas a manifestar discontinuidad, divergencia e histéresis. La discontinuidad es la inestabilidad generada por cambios repentinos de comportamiento y resultados que imposibilitan el equilibrio; la divergencia explica la tendencia de los pequeños cambios que generan grandes alteraciones con el paso del tiempo (efecto mariposa) y la histéresis que es la tendencia a mantener alguna de las propiedades originales del sistema luego de sufrir la acción de estímulos externos (Thom, 1985). Estos elementos, como se podrá evidenciar en el desarrollo del trabajo, son parte fundamental de la complejidad. El problema de Thom y su teoría es que fue construida al amparo del determinismo causal.

Weaver (1948) plantea una organización de los problemas científicos distinguiendo tres tipos: los problemas de simplicidad, los problemas de complejidad desorganizada y los problemas de complejidad organizada. Los primeros están relacionados con situaciones que implican pocas variables y vinculados a modelos newtonianos; los segundos, alienados con la teoría de la probabilidad y la mecánica estadística que permitía incorporar un número mayor de variables; y, por último, los problemas cuya característica no está dada por el número de variables que trata, sino por el modo en que estas están relacionadas. La complejidad organizada se refiere a los fenómenos o problemas en donde intervienen un gran número de factores o variables que se interrelacionan y conforman un todo orgánico (Weaver, 1948); es así que para abordarlos y estudiarlos se requiere el uso de modelos sistémicos (Reynoso, 2006). El enfoque sistémico necesario para abordar los problemas de complejidad organizada requiere de la articulación de tres conceptos que se han venido tratando a lo largo de este trabajo: organización, sistema y complejidad.

La definición de sistema como totalidad organizada de elementos heterogéneos interrelacionados no permite distinguir un sistema complejo de otro no complejo (sistemas simples). Morín (1981) plantea una forma de hacerlo señalando la existencia de problemas de naturaleza complicada y otros de naturaleza compleja: los primeros se explican, mientras que los segundos se tratan de comprender. Tomando en consideración esta sutil diferencia, se puede concluir que la complejidad no depende de la magnitud de factores o variables que intervienen, sino del tipo de relaciones que existen entre estos; es decir, se puede tener sistemas con comportamientos complejos que se autoorganizan a partir de reglas e interacciones simples.

Rolando García, realiza un acercamiento más preciso sobre la complejidad, dotándola de una característica fundamental:

La complejidad no está determinada aquí solo por la heterogeneidad de las partes constituyentes, sino, sobre todo por la interdefinibilidad y mutua dependencia de las funciones que desempeñan dentro de una totalidad (García, 2006:37).

La interdefinibilidad hace referencia a la no separabilidad, que hace a un sistema complejo, pues no puede ser estudiado en base a métodos reduccionistas, sino que se exige que los componentes del sistema sean definidos y estudiados en función de sus demás componentes, imposibilitando el estudio separado de sus partes (García, 2006).

Las formas de abordar la complejidad, según Morín (2004), están dadas por la complejidad restringida y la general. La primera, que abarca a las ciencias de complejidad, se entiende como un abordaje fundamentalmente metodológico, técnico y procedimental de la complejidad a través de modelos matemáticos y simulación computacional, en los que se puede evidenciar el uso de herramientas metodológicas como autónomas celulares, redes neuronales adaptativas, algoritmos genéticos, etc. (Rodríguezy Aguirre, 2011). Por otro lado, la complejidad general comprende la propuesta de pensamiento complejo (Morín, 1994) definida en el enfoque de la epistemología transdisciplinar (Morín, 1994), orientada a la construcción de una paradigma de una sociedad planetaria asentada sobre el desarrollo ético del ser humano, la naturaleza y la biosfera terrestre.

Tomando en consideración estos análisis, Maldonado (2007) identifica dos líneas de la complejidad, una que viene dada como ciencia y otra como método. La primera corresponde a los sistemas adaptativos complejos (complejidad restringida), mientras que la segunda configurara el pensamiento complejo (complejidad general). Esta es en parte generada por una polémica científica que se puede evidenciar en las críticas hacia Morín por parte de García (2006), Maldonado (2007) y Reynoso (2006), entre otros, acusándolo de usar fuentes poco técnicas, de no contribuir con herramientas necesarias que permitan la conducción de una investigación empírica y quedarse solo en el plano discursivo. Estas críticas probablemente se generan sobre la base del arsenal de técnicas sofisticadas que han sido utilizadas para tratar de llegar a resultados “concretos” en el estudio formal y aplicado de los sistemas complejos, mientras que Morín intenta vertebrar un método no clásico para el estudio de la complejidad.

“...el pensamiento complejo reclama la necesidad de incorporar de modo sistemático y explícito la subjetividad reflexiva en la construcción de la ciencia, mientras que la ciencias de la complejidad borran al sujeto de su formulación metodológica y epistemológica (Rodríguez y Aguirre, 2011:10)”.

Entonces se puede concluir que lo que se intenta desde el pensamiento complejo es replantear la epistemología que lleva a una reorganización del conocimiento en todos los niveles, pues los supuestos epistemológicos que sustentan las ciencias de la complejidad no permiten incorporar la dimensión ético-política que determina en parte la actividad científica. Desde estos planteamientos, el enfoque de pensamiento complejo permitirá al presente estudio liberarse de las ataduras que en muchos casos pueden suponer las herramientas metodológicas propuestas por las ciencias de la complejidad para indagar sobre nuevas formas de entender los fenómenos a estudiar.

La complejidad se extiende sobre los fenómenos de la naturaleza, siendo su método el que plantea la forma de abordarla y su ciencia la que permite experimentar las técnicas más adecuadas para explicar las relaciones que forman tejidos transdisciplinares de características sistémicas (Cuadro 0.1). Así se da un soporte epistemológico a la ciencia y un pragmatismo al método. Se hablará entonces de los sistemas complejos como unidad de análisis, se estudiará su dinámica, vulnerabilidad, adaptación, cambio y resiliencia.

Cuadro 0.1 *Visiones de la complejidad organizada*

	<b>Visión de Edgar Morín</b>	<b>Visión de Rolando García</b>	<b>Visión de Carlos Maldonado</b>
	Complejidad restringida	Modelamiento sistémico	Entendida como ciencia.
Clasificación de la Complejidad Organizada (Weaver, 1948)			<b><i>Sistemas Adaptativos Complejos</i></b>
	Complejidad General	Epistemología transdisciplinar	Entendida como método.
			<b><i>Pensamiento Complejo</i></b>

Fuente: Elaboración a partir de García (2006) Maldonado (2007) y Morín (1981).

## 0.6 LOS PROBLEMAS DESDE EL ENFOQUE DE SISTEMAS

El problema de los sistemas son esencialmente las limitaciones de los procedimientos analíticos de la ciencia (Bertalanffy, 1968). Como se ha evidenciado, el mundo es complejo y todos sus elementos interactúan entre sí, configurando esta interacción un sistema. Mario Bunge (1985) lo define como un conjunto finito de cosas ligadas entre sí por una relación de influencia mutua. Morín (1981:124), en su concepción de complejidad del universo, incorpora la definición de sistema como “unidad global organizada de interrelaciones entre elementos, acciones o individuos”. Por otro lado, Bertalanffy define sistema como:

....un complejo de elementos interactuantes. Interacción significa que elementos P que están en relaciones R, de suerte que el comportamiento de un elemento P en R es diferente de su comportamiento en otra relación R'. Si los comportamientos de R y R' no difieren, no hay interacción y los elementos se comportan independientemente con respecto a las relaciones R y R (Bertalanffy, 1989:56)<sup>5</sup>.

La metodología de los sistemas se incorpora dentro de un enfoque estructuralista de la realidad, donde las propiedades de las partes por separado no necesariamente tienen por qué coincidir con los atributos de la realidad en su conjunto. Esta afirmación rompe con la teoría clásica del estudio de los sistemas de enfoque mecanicista del paradigma newtoniano (Bertalanffy, 1968); supone que un sistema, para ser comprendido, debe ser analizado en sus componentes y la estructura de sus interrelaciones; no intenta el conocimiento del todo a partir de las partes, ni explicar las partes a partir del conocimiento del todo, sino que adopta un modelo que incorpora ambas concepciones.

La teoría general de sistemas puede ser considerada como una metateoría que incorpora modelos, técnicas y enfoques que permiten abordar diversidad de problemas; por ejemplo, la teoría de los comportamientos, ya que los sistemas son subunidades con ciertas condiciones de frontera entre las que se dan procesos de transporte (Rescigno & Segre, 1966); la teoría de conjuntos, que axiomatiza las propiedades generales de los sistemas al agruparlos en abiertos y cerrados (Maccia, 1966; Mesarovic, 1974); la teoría de grafos, ya que muchos problemas de sistemas implican propiedades estructurales o topológicas antes que relaciones cuantitativas; la teoría de redes, que incorpora a las anteriores y se aplica a sistemas tales como redes sociales; la cibernética (Winer, 1948), considerada como una teoría de los sistemas de control basados en la comunicación en el interior del sistema, así como con su medio circundante; la teoría de la información, que se define como una expresión isomorfa de la entropía negativa de la termodinámica, el modelo propuesto por Shannon (1949) que presenta el sistema general de la comunicación<sup>6</sup>, la teoría de juegos, que se puede incorporar a los sistemas de fuerzas antagónicas con especificaciones, pues se encarga de estudiar el comportamiento de jugadores supuestamente racionales a fin de obtener ganancias máximas y pérdidas mínimas a través del diseño de estrategias (Neumann y Morgenstern, 1944). La teoría de

<sup>5</sup> Traducción de Juan Almela de la primera edición en inglés del libro “General System Theory; Foundations, Development, Applications” de Ludwig Von Bertalanffy (1968).

<sup>6</sup> Parte de una fuente de información que, a través de un transmisor, emite una señal; esta viaja por un canal, en el cual puede ser interferida por algún ruido (entropía negativa); la señal sale del canal, llega a un receptor que decodifica la información convirtiéndola posteriormente en mensaje que pasa a un destinatario.

sistemas presenta una visión amplia, debido a que, en cierto sentido, toda realidad conocida puede ser concebida como sistema, desde la partícula más pequeña a la inmensidad de la galaxia; la virtud sistémica es haber puesto en el centro al sistema, como unidad compleja, real y transdisciplinar (Morín, 1994).

Partiendo desde la realidad física y biológica, Bertalanffy (1968:145-146) plantea tres proposiciones básicas: los sistemas existen dentro de sistemas, los sistemas son abiertos y las funciones de un sistema dependen de su estructura. Dentro de éste contexto, un sistema abierto es definido como:

...un sistema que intercambia materia con el medio circundante, que exhibe importación y exportación, constitución y degradación de sus componentes materiales (Bertalanffy, 1968:146-147)

Es originalmente una noción termodinámica, cuyo carácter primario era el de permitir circunscribir de manera negativa el campo de acción del segundo principio (entropía). Bajo estas consideraciones se puede concebir que las leyes de organización de lo viviente no están en equilibrio, sino en desequilibrio, retornando o compensando en un dinamismo estabilizado; se desprende además que la inteligibilidad del sistema debe encontrarse no solo en sí mismo, sino en relación con el ambiente (Morín, 1994).

Inicialmente quedó un vacío conceptual entre la idea de sistema abierto y la complejidad del sistema viviente. Bertalanffy (1968) incorpora en su visión el holismo y apenas se aproxima a la autoorganización<sup>7</sup>, concepto necesario para comprender la complejidad establecida por Morín (1981). Neumann (1951) plantea la paradoja de la máquina artefacto (organizada) y la máquina viviente (autoorganizada). La primera está constituida por elementos fiables que en su interacción permiten su funcionamiento; si uno de ellos falla, el sistema falla y deja de funcionar, necesitando la intervención exterior para que sea reparada. En el segundo caso, sus elementos son poco fiables, pues se degradan rápidamente; en un organismo las moléculas, las células, mueren y se renuevan, a tal punto que un organismo mantiene su funcionalidad aunque todos sus componentes se hayan renovado. Se evidencia, en contraposición con el primer caso, gran confiabilidad del conjunto y débil confiabilidad de los constituyentes (Morín, 1994). Morín (1994:55), sobre la base de la paradoja de Neumann (1951), afirma que “un organismo permanece idéntico a pesar de la alteración que sufren sus componentes”. Sin embargo, como se estudiará más adelante, cuando los componentes en un sistema (organismo) cambian, el sistema cambia, pero mantiene su funcionalidad, siendo esta la principal característica de los sistemas autoorganizados. Es evidente que el orden de lo viviente no es simple, no obedece a una lógica mecánica, sino a una lógica de la complejidad.

---

<sup>7</sup> La autoorganización es introducida por Kant y recuperada por Ross Ashby en 1947. Este concepto sería utilizado por los teóricos de la cibernética Heinz von Foerster, Gordon Pask, Stafford Baer y Norbert Wiener en 1961. La teoría de sistemas lo tomaría y lo reforzaría cuando es adoptado por los físicos e investigadores de los sistemas complejos.





## **PARTE I. MARCO TEÓRICO**







# CAPÍTULO I. ORÍGENES DE LA RESILIENCIA

## 1.1 INTRODUCCIÓN

La naturaleza tiene una relación compleja con la actividad humana. Pequeñas acciones del hombre pueden multiplicarse en diferentes escalas y generar cambios en los ecosistemas a tal punto de hacerlos insostenibles y provocar en ellos el caos y la incertidumbre. Por otro lado, fenómenos propios de la naturaleza repentinamente pueden alterar la actividad del ser humano, llevándolo a estados de crisis que pueden poner en riesgo su propia existencia. Así, naturaleza y seres humanos coexisten en una simbiosis donde la supervivencia y la evolución son el objetivo vital. Dentro de este contexto, están inmersos una serie de conceptos que permiten comprender estas relaciones y decidir qué acciones tomar cuando lo inesperado sucede; ahí tiene lugar un proceso al que se le denomina resiliencia.

El tratamiento de la resiliencia exige ciertos elementos de partida que han sido revisados en el capítulo introductorio; en primera instancia, el enfoque científico de la complejidad, que deja un espacio para la acción de la resiliencia entre las interacciones dinámicas del orden y desorden propias de los sistemas, y en la comprensión de la autoorganización, que busca la evolución adaptativa (Holling, 1973) que permite la vida.

Este capítulo tiene como objetivo establecer el marco teórico adecuado para tratar la dinámica de la resiliencia. Se inicia con la comprensión del enlace teórico de la complejidad y los sistemas, se identifica la autoorganización y la capacidad de adaptación como vínculos conceptuales que definen a los sistemas complejos y se establece la necesidad de tratarlos desde una visión transdisciplinar. El pensamiento complejo es la visión epistemológica, mientras que las ciencias de la complejidad son la caja de herramientas para abordar los sistemas que se denominarán *adaptativos complejos* (SAC).

Sobre la base de los SAC, se identifica la panarquía como modelo heurístico que sintetiza su dinámica evolutiva, en la que se destacan cuatro procesos esenciales: la explotación, la conservación, la liberación y la reorganización (Gunderson y Holling, 2004). El enfoque de este modelo hace más comprensible la dinámica de los sistemas ecológicos, económicos, tecnológicos, organizacionales y psicológicos. La panarquía presenta un elemento que es el objetivo central de esta investigación y que, a su vez, es parte de la respuesta evolutiva de los SAC a eventos perturbadores, la resiliencia.

Los SAC y el modelo heurístico de panarquía se establecen como la base teórica que permite comprender la dinámica de la resiliencia en zonas afectadas por desastres naturales. La resiliencia se identifica en los procesos de simbiosis de los diferentes sistemas, cuyo objetivo es la evolución. Las aplicaciones y enfoques que puede tener están dispuestos en diferentes campos de la ciencia.

## 1.2 COMPLEJIDAD

A pesar de ser una clasificación discutible, debido a la falta de consenso en el mundo científico, se asumirá la existencia de sistemas tanto simples como complejos, donde el número de elementos que interactúan definirá la complejidad. A manera de ejemplo, Bar-Yam (1997) expone como sistemas simples los siguientes: un péndulo, una rueda que gira y un planeta en su órbita; mientras que como sistemas complejos presenta: el clima, los ecosistemas, un computador, una empresa, entre otros. Desde la teoría de sistemas y el enfoque de complejidad organizada de Weaver (1948), se aborda la categoría de sistemas complejos, donde, como se evidenciará en el desarrollo de la investigación, la resiliencia se presenta como propiedad emergente de estos.

Las aproximaciones a una definición de sistemas complejos, sin encontrar todavía acuerdos, plantean enfoques para su conceptualización y metodología desde diferentes aristas (Brodu, 2009; García, 2006; Grigolini, et al., 2007; Le Fur, 2013), que van desde la praxis de la física al mundo de las ideas en la filosofía; muchos de los investigadores lo consideran una tarea complicada y hasta imposible (Snooks, 2008). Sobre las coincidencias de los diferentes tratadistas se encuentran temas que pueden ser considerados ejes centrales en el desarrollo de una teoría y metodología en los sistemas complejos: la cibernética (Ashby, 1957; Winer, 1948), la teoría de sistemas (Bertalanffy, 1968; Boulding, 1956<sup>8</sup>) la autoorganización (Ashby, 1962) y la teoría de la información (Shannon, 1949; Winner, 1954) entre los más relevantes. Dentro de los estudios sobre sistemas complejos, las conclusiones que han contribuido a consolidar líneas teóricas y metodológicas son las que plantean analogías de los sistemas complejos con los seres vivos (Le Fur, 2013), con capacidad de adaptación (Gunderson y Holling, 2002), así como las que permiten establecer un marco epistemológico para su desarrollo (García, 2006; Morín, 1981). En este trabajo, y con el fin de establecer una lógica de secuencia, se partirá de la epistemología y el planteamiento metodológico para definir y categorizar al sistema complejo.

El estudio de los sistemas complejos, de acuerdo a García (2006), nace en el interés de investigar de una manera más profunda los fenómenos atmosféricos. Una serie de catástrofes atribuidas al cambio climático, que venían asolando el planeta entre 1960 y 1970, motivaron a organismos internacionales a convocar a científicos y políticos de todo el planeta para analizar las causas y consecuencias de los fenómenos naturales extremos que estaban poniendo en peligro la existencia de la humanidad. Destaca, dentro de estos eventos, el organizado por el Instituto Meteorológico de Bonn en 1974, que generaría una declaración que en su parte central se enfocaba en “las implicaciones sociales, éticas, culturales y políticas de un posible cambio de clima”. Como resultado se propone el programa *Drought and Man* (García, 2006:14), que durante varios años realizaría una serie de investigaciones reuniendo un vasto material empírico, donde se puede destacar el aporte de Rolando García en la publicación *From Vision to Action, Science and Global Development* (Stahle et al., 1988). Este autor concluye, refiriéndose a la sequía, que las catástrofes estaban cimentadas en la estructura socioeconómica de varias décadas, por lo

<sup>8</sup> Boulding plantea una clasificación de nueve niveles para los sistemas: i) estructura estática, ii) mecánico o de relojería, iii) cibernético o de equilibrio, iv) estructura de autoreproducción o de célula, v) genético, asociativo o de nivel de vegetales, vi) mundo animal, vii) humanos, viii) organizaciones sociales, ix) organizaciones trascendentes.

que propone “un modelo estructural para explicar los cambios hechos por el hombre en los sistemas agrícolas que se habían apartado de los sistemas tradicionales, menos vulnerables” (p.35-36). Este sería el punto de partida para el desarrollo de la teoría de los sistemas complejos bajo este enfoque.

La influencia que tendría Piaget sobre García, así como su trabajo conjunto, daría como resultado una obra que articula el desarrollo de la epistemología genética<sup>9</sup> y la metodología de los sistemas complejos: *El conocimiento en construcción: De las formulaciones de Jean Piaget a la teoría de sistemas complejos* (García, 2000:17). Uno de los principales aportes que presentarían García y Piaget está en la delimitación del objeto de estudio y, por consiguiente, del complejo cognoscitivo, lograda al establecer el carácter empírico de la epistemología genética, a través de la investigación interdisciplinaria de los sistemas complejos (García, 2006:17-18).

El concepto de complejidad ha sido desarrollado en apartados anteriores tomando en consideración los principales aportes de Edgar Morín, quien se destaca como filósofo de la complejidad. Si bien existen críticos de su visión, no le han quitado el valor que su pensamiento representa para la actualidad: el punto de quiebre del racionalismo tradicional profundamente arraigado por Descartes. Retomando la propuesta de Maldonado (2007), que considera el pensamiento complejo de Morín como un planteamiento epistemológico, se ampliará el concepto de sistemas complejos. Para ello es necesario considerar dos elementos, el objeto de estudio y las disciplinas a partir de las cuales se realizará este estudio, teniendo en cuenta que los problemas no pueden ser abordados desde una disciplina en particular, ya que “un sistema complejo es una representación de un recorte de esa realidad, entendida como una totalidad organizada, donde no podemos separar los elementos para estudiarlos aisladamente” (García, 2006:21).

Uno de los conceptos fuertemente relacionados con los sistemas complejos es la acción interdisciplinaria de las ciencias. La investigación, bajo esta óptica, sería la de “enfoques disciplinarios” promovida por García (2006), que difiere considerablemente de la posición de “división de la ciencias”<sup>10</sup> presentada por Wallerstein (1991). Para Rolando García, la propuesta de Piaget (1967) sobre “sistema de las ciencias” es la más adecuada para comprender el concepto de interdisciplina, que se puede resumir como un conjunto de

<sup>9</sup> Jean Piaget (1896-1980) plantea la epistemología genética como una teoría del desarrollo del conocimiento, que “trata de descubrir las raíces de los distintos tipos de conocimiento desde sus formas más elementales y seguir su desarrollo en los niveles ulteriores, inclusive hasta el pensamiento científico”. Plantea la idea de que el conocimiento es una construcción continua y que la inteligencia no es más que una adaptación del organismo al medio, a la vez que el resultado de un equilibrio entre las acciones del organismo sobre el medio y de este sobre el organismo. La epistemología genética es una explicación del desarrollo de la inteligencia como un proceso según fases o génesis, cada una de las cuales representa un estadio del equilibrio que se produce entre el organismo y el medio, a través de determinados mecanismos de interrelación, como son la asimilación y la acomodación, a la vez que un momento o fase de adaptación del organismo al medio. Estas diversas fases de equilibrio se caracterizan como estructuras, porque organizan o estructuran la conducta del organismo en el trayecto de su adaptación.

<sup>10</sup> Según Immanuel Wallerstein (1991) en su obra *Unthinking Social Science*, las ciencias sociales se dividen en “disciplinas” que, según los objetos estudiados, forman conjuntos teóricos coherentes y separados. Plantea como ejemplo la antropología, la economía, la ciencia de la política y la sociología, etc. De acuerdo a García (2006), “Ninguna investigación particular tiene la capacidad de integrar diferentes disciplinas. Los procesos de integración disciplinaria, han significado replanteamientos fundamentales que no se limitan a poner juntos (o a separar) los conocimientos de diferentes dominios”. Por otro lado considera que “de no ser posible la integración disciplinaria en un investigación en particular no es necesaria, puesto que el análisis histórico de la ciencia permite poner en evidencia que las diferentes disciplinas científicas se van integrado a los largo de su desarrollo”.

relaciones y acciones recíprocas que promueven interpretaciones desde distintos enfoques científicos, a través de la transferencia de métodos entre ellas.

Siguiendo a García (2006:33) en el tratamiento de problemas derivados de los sistemas complejos, se puede concluir que para tratarlos se requiere de un equipo de investigación cuyos integrantes sean expertos en su propia disciplina, pero que al abordarlos no se limiten a sumar sus aportes individuales sobre el análisis de la problemática, si no que integren sus diferentes enfoques para delimitarla.

...mientras que en un caso lo que se integra son los resultados de diferentes estudios sobre una problemática común, en el caso de la interdisciplina la integración de los diferentes enfoques está en la delimitación de la problemática (...) lo que integra a un equipo interdisciplinario para el estudio de un sistema complejo es un marco conceptual y metodológico común, derivado de una concepción compartida de la relación ciencia – sociedad, que permitirá definir la problemática a estudiar bajo un mismo enfoque, resultado de la especialización de cada uno de los miembros del equipo de investigación. (García, 2006: 33-35).

Durante las últimas dos décadas se ha venido trabajando en la evolución del concepto de interdisciplinariedad para pasar a la *transdisciplinariedad* (Basarab, 1996), como una concepción que tiene como intención superar la fragmentación del conocimiento, avanzando sobre el enriquecimiento de las disciplinas con diferentes saberes (multidisciplinar) y del intercambio epistemológico y metodológico de los saberes (interdisciplinar). Lo transdisciplinario lleva a tratar problemas desde perspectivas múltiples con el fin de generar conocimiento emergente; es la transformación e integración del conocimiento desde todas las perspectivas (formales e informales) interesadas, para definir y analizar problemas de naturaleza compleja. No es una disciplina, sino un enfoque (Leavy, 2011).

Para comprender la transdisciplinariedad, y sobre la base de la interdisciplinariedad a manera de complemento (Basarab, 1996), se propone un esquema explicativo en el que se establece como base un modelo de organización jerárquica de las ciencias (Figura 1.1): un primer *nivel empírico* con las ciencias fundamentales, a saber, la biología, las matemáticas, la psicología, la física, la química, etc.; en un nivel pragmático la ingeniería, la arquitectura, la agricultura, la medicina, etc.; un nivel normativo en el que se ubicarán las políticas, el diseño de sistemas sociales, la planificación, etc.; y un nivel valórico que incluirá la ética, la moral, la filosofía, etc. (Max-Neef, 2004):

...transitamos desde un nivel “empírico”, hacia un nivel “propositivo”, para continuar hacia un nivel “normativo”, para terminar en un nivel “valórico”. Cualesquiera de las múltiples relaciones posibles entre los cuatro niveles, definen una acción transdisciplinaria (Max-Neef, 2004:8).

Visto de esta manera, y considerando el caso de los sistemas socioecológicos, se puede esbozar el estudio transdisciplinar de la resiliencia. Los niveles y disciplinas escogidos pueden ser considerados como una primera hipótesis que puede someterse a verificación empírica.



Figura 1.1 Modelo transdisciplinar de organización jerárquica de las ciencias.  
Fuente: Elaboración a partir de la propuesta de (Max-Neef, 2004)



Figura 1.2 Modelo transdisciplinar para el estudio de la resiliencia  
Fuente: Elaboración propia en base la modelos de Max-Neef (2004)

Tomando como referencia a Max-Neef (2004), se puede interpretar la gráfica desde el centro hacia la periferia (Figura 1.2): el nivel nuclear describe el mundo como es, desde el dominio de contenidos de su disciplina, se refiere a “lo que existe”. El segundo nivel presenta disciplinas tecnológicas que nos plantean “lo que somos capaces de hacer”. El tercer nivel se refiere a “qué es lo que queremos hacer” y tiene un nivel normativo. Y, finalmente, el nivel superior se refiere a “lo que debemos hacer”, o “cómo hacer lo que queremos hacer”, encontrándonos por ejemplo con la resiliencia, elemento esencial de los sistemas adaptativos



complejos. Se plantea abordar a la resiliencia como concepto transdisciplinar, que permita gestionar de una manera integral los sistemas socioecológicos, rompiendo los límites del saber científico e incorporando a la sociedad como copartícipe de su dinámica adaptativa (Gelcich et al., 2006).

### 1.3 DEFINICIÓN DE UN SISTEMA COMPLEJO

Si se piensa en cómo definir un sistema complejo, se debe tener claro que los sistemas no están dados al inicio de la investigación, es decir, no están definidos, por lo que deben definirse en el desarrollo de la investigación (García, 2006). Por otro lado, la complejidad de las diferentes relaciones entre el hombre y la naturaleza conlleva incorporar un enfoque transdisciplinario que busque las constataciones empíricas, para lo cual se debe tener en cuenta que un sistema complejo estará integrado por subsistemas que permiten su funcionalidad<sup>11</sup>. Un sistema complejo es un modelo que revela el significado sistémico de cosas que son comunicadas y que actúan a través de la información; “es neguentrópico u orientado permanentemente a acrecentar sus niveles de complejidad” (De la Reza, 2010, 125). Existirán sistemas simples (o menos complejos) que serán parte de otros más complejos; sin embargo, en este punto nace un cuestionamiento: ¿las leyes, conceptos y generalizaciones de los primeros son aplicables a los segundos? Anderson (1972) identifica un problema de escala, que hace que una hipótesis “construccionista” nacida del reduccionismo no sea posible, ya que, como se ha venido tratando, “la habilidad de reducir cada cosa a leyes fundamentales simples, no implica la habilidad de comenzar con aquellas leyes y reconstruir el universo” (Anderson, 1972:393). Es decir, para cada nivel de complejidad aparecen leyes, conceptos y generalizaciones enteramente nuevos.

Si ahora se consideran sistemas verdaderamente complejos, como los biológicos y sociales (integrados por una infinidad de sistemas interrelacionados), por analogía se puede concluir, por ejemplo, que las leyes de la economía clásica no se cumplen en todas las escalas; si bien estas intentan regir la producción, la distribución, la comercialización, el uso y consumo de los bienes y servicios en las diferentes etapas del desarrollo de la sociedad, se puede encontrar evidencia empírica de su no operatividad. En la ley de la oferta y la demanda no se tiene ninguna experiencia concluyente para establecer que en realidad las relaciones económicas en las sociedades actúan necesariamente como esta lo determina; solo se tiene una demostración dialéctica de que las personas que actúan de una determinada forma “lógica”, salvaguardan sus intereses y evitan un perjuicio; en esencia lo único que plantea la ley de la oferta y demanda es la forma en que deberían comportarse los agentes económicos bajo un determinado paradigma económico.

Modelar un sistema complejo implica, en primer término, definir un conjunto de relaciones, hechos, elementos, subsistemas, niveles, operaciones y variables delimitados externamente y cuyos componentes adquieren significado por su capacidad de estructurar el todo (De la Reza, 2010:125). Si se le quiere dar un carácter empírico al modelo, es necesario, en primera instancia, la búsqueda de datos observables y hechos que puedan

<sup>11</sup> “Los sistemas existen dentro de sistemas. Las moléculas existen dentro de células, las células dentro de tejidos, los tejidos dentro de los órganos, los órganos dentro de los organismos, los organismos dentro de colonias, las colonias dentro de culturas, las culturas dentro de conjuntos mayores de culturas, y así sucesivamente (Bertalanffy L. v., 1968)”.

ser percibidos e interpretados por el investigador en función de la base teórica que haya construido. A continuación, en el Cuadro 1.1 tenemos una descripción de ellos:

Cuadro 1.1 *Conceptos Básicos para el Estudio de un Sistema Complejo*

Concepto	Descripción	Actividad del Investigador
<b>Datos</b>	Información concreta sobre hechos, elementos, fenómenos, etc. que permite estudiarlos, analizarlos o conocerlos.	Proveen el soporte empírico del estudio y estarán determinados por los objetivos de la investigación (marco epistémico) y la delimitación del campo empírico (dominio empírico), es decir datos de la experiencia que serán privilegiados por la investigación.
<b>Observables</b> <sup>12</sup>	Datos de la experiencia ya interpretados	El investigador determina en función de la teoría, ¿qué elementos o fenómenos son considerados observables?
<b>Hechos</b>	Relaciones entre los observables	Registra los hechos (las relaciones que se dan entre observables) desde la perspectiva del investigador.
<b>Teoría</b> <sup>13</sup>	Conjunto de afirmaciones y suposiciones, explícitas o implícitas, sobre la base de las cuales se establece las hipótesis o se realiza inferencias. Su función determina relaciones entre observables y hechos.	Se presenta en dos momentos, previa a la investigación, cuando define el estado del arte y posterior a la investigación cuando genera propuestas nacidas de los resultados de la investigación empírica.

*Fuente:* Elaborado a partir de De la Reza (2010). *Sistemas Complejos: Perspectivas de una teoría general*.

García (2006) plantea que la parte fundamental del estudio empírico es el establecimiento de relaciones causales entre observables (hecho); sin embargo, las relaciones pueden ser de distinta naturaleza, por lo que se debe mantener una concepción genérica sobre ellas. Determinados los datos, observables y hechos sobre la base teórica previamente levantada, se puede empezar a definir el sistema complejo, estableciendo sus límites, elementos y estructuras, así como los procesos y niveles en los que se generan las interacciones, necesarias para entender la resiliencia.

### 1.3.1 Componentes de un sistema complejo

Para establecer los datos, observables y hechos, así como para definir el sistema complejo, se deben identificar sus componentes. El marco epistémico permite establecer a priori la pregunta básica o pregunta conductora que guíe la identificación. Este proceso es dinámico y puede ajustarse en el transcurso de la investigación. A continuación se tiene un detalle de cada uno de los componentes que definen el sistema complejo (García, 2006):

#### 1.3.1.1 Límites

Existe complejidad en definir los límites de un sistema, por lo que se requiere establecer “recortes” que impongan límites más o menos arbitrarios (reduciendo la arbitrariedad al máximo) y que permitan observar las interacciones del sistema, identificando con claridad lo que queda “fuera” y lo que queda “dentro” (García, 2006), pero teniendo siempre en cuenta

<sup>12</sup> Se parte de la concepción de que no existen observables puros, es decir, que todo observable, aun aquellos que parecen provenir de la percepción directa de las propiedades elementales de los objetos, suponen una previa construcción de relaciones por parte del sujeto; dichas relaciones estarán en las experiencias vividas por el observador (García, 2006).

<sup>13</sup> El concepto de teoría será utilizado aquí en un sentido muy amplio que incluye, no solamente a las teorías científicas formuladas con cierto rigor, sino también al conjunto de afirmaciones y suposiciones, explícitas o implícitas, sobre la base de las cuales un investigador establece sus hipótesis o realiza sus inferencias. Llamaremos teorizaciones a este último tipo de conceptualizaciones no formuladas rigurosamente y que contienen generalmente un alto grado de imprecisión y de ambigüedad (García, 2006).

que existirán interacciones que rebasen los límites establecidos. Para definir estos límites se necesitarán establecer condiciones (de contorno o límite), especificadas en forma de flujos, para lo cual se deberá observar su velocidad de cambio en el sistema.

#### 1.3.1.2 Elementos

Se considera la condición de interdefinibilidad del sistema, para lo cual los elementos deberán presentar una cierta forma de organización o estructura. Los elementos estarán determinados por aquellos que presenten las interacciones más significativas. Se debe tener en cuenta que estos elementos suelen ser subsistemas que interactúan entre sí y que las interacciones constituyen sus condiciones de límites. Para definir los subsistemas de un sistema se requiere definir las escalas espaciales y temporales.

- a) Escalas de fenómenos.- No existe una definición clara por parte de García (2006); sin embargo, en función de la descripción propuesta, se puede definir la escala de fenómenos como subsistemas de similar jerarquía que interactúan en el interior de un sistema.
- b) Escalas de tiempo.- Se definen como el periodo durante el cual se estudia la evolución del sistema, dependiente de su naturaleza y la pregunta conductora de la investigación.

#### 1.3.1.3 Estructuras

Es la identificación de las propiedades de las relaciones dinámicas que establecen los elementos (subsistemas) dentro de un sistema, en un periodo dado, lo que implica el estudio de la evolución del sistema. Las propiedades estructurales del sistema determinan su estabilidad o inestabilidad con respecto a cierto tipo de perturbaciones. La inestabilidad estará asociada a los procesos de desestructuración y reestructuración del sistema, lo que se denominará “destrucción creativa”, bajo el concepto de panarquía (Gunderson y Holling, 2002).

Gran parte de las propiedades de un sistema quedan determinadas por su estructura<sup>14</sup>, y no por sus elementos. Identificarlas en un periodo de tiempo y escala de fenómenos a estudiar es de vital importancia para comprender la evolución del sistema, pues son estas propiedades las que determinan su estabilidad e inestabilidad respecto de las perturbaciones a las que puede ser expuesto (García, 2006). No existe un consenso respecto a la determinación de las propiedades de los sistemas complejos; sin embargo, existen coincidencias sobre seis elementos centrales (Cuadro 1.2): autoorganización (Ashby, 1962; Heylighen, 2001), no-linealidad (Holland, 1995; Stacey, 2008), interdefinibilidad (García, 2006), emergencia (Holland, 1998; Morín, 1981; Stacey, 2008), discontinuidad y diversidad (Thom, 1985).

<sup>14</sup> Goldmann (1952) identifica la estructura con la coherencia interna, y define esta última como un conjunto de relaciones necesarias entre los diferentes elementos que constituyen la obra que él analiza (García, 2006).



Cuadro 1.2 Síntesis de las propiedades de los sistemas

Propiedad de sistema complejo	Descripción de la propiedad en el Sistema
Autoorganización	Propiedad de la estructura de un sistema, que determina su evolución sin intervención de agentes externos.
Discontinuidad	Propiedad a través de la cual se evidencian saltos bruscos de naturaleza cualitativamente diferente en la evolución de un sistema.
No-linealidad	Propiedad en la cual el comportamiento del todo es mayor que las partes.
Emergencia	Propiedad de un sistema que presenta un carácter de novedad debido a las interrelaciones de sus agentes.
Diversidad	Propiedad que determina la interacción de diferentes elementos dentro de un sistema.
Interdefinibilidad	Propiedad del sistema que hace que no se lo pueda comprender en función del estudio separado de sus partes.

Fuente: Elaboración a partir de Ashby (1962), Heylighen (2001), Holland (1995); García (2006); Morin, (1981), Stacey (2008), Thom (1985).

Las propiedades estructurales propuestas para los sistemas complejos se corresponden con el aporte de los diversos enfoques teóricos y con el paradigma de complejidad evidenciados en el desarrollo de este trabajo. Existe una corriente epistemológica que busca una analogía de los sistemas complejos con los organismos vivientes (Kaneko, 1998; Levin, 1998; Lovelock, 1985) y que aporta con una visión incremental de la complejidad, pero que por sus características se abordará como parte de los sistemas adaptativos complejos.

### 1.3.2 Procesos y niveles de un sistema complejo

Para comprender la dinámica de un sistema complejo es necesario estudiar los procesos que describen los cambios que se dan en el interior de este. García (2006) presenta tres niveles de procesos y análisis que deben ser entendidos. A continuación se presenta un cuadro resumen que explica cada uno de ellos (Cuadro 1.3).

Cuadro 1.3 Niveles de los procesos en un sistema complejo

Nivel de proceso	Análisis	Ejemplo: Caracterización a la gestión de desastres de origen natural	Tipo de estudios
Primero	Son análisis de carácter diagnóstico que buscan describir la situación real y sus tendencias en el nivel fenomenológico más inmediato.	Cambios producidos en el medio físico, en la respuesta del sistema económico, en las condiciones de vida de la población y en el sistema de relaciones socioeconómicas asociadas a modificaciones del sistema debido al impacto de un desastre.	Diagnóstico
Segundo	Análisis de procesos más generales conocidos como meta procesos, y que gobiernan y determinan los de primer nivel.	Modificaciones en el sistema socio - económico, tales como: desarrollo de sistemas asociativos, desarrollo de sistemas comunitarios y de gestión institucional que introducen cambios en el primer nivel.	Política pública, local
Tercero	Análisis de procesos que gobiernan y determinan los de segundo nivel	Modificaciones de los sistemas nacionales de gestión de desastres, modificaciones en las estrategias de gestión del riesgo.	Política pública, regional, nacional o internacional

Fuente: Elaboración a partir de García (2006). *Sistemas Complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria.*

Cada uno de los niveles de procesos requiere análisis diferentes, pues mantienen su propia dinámica y requieren de datos que pertenezcan a su propia escala de fenómenos<sup>15</sup>; así, los niveles de nivel superior establecen las condiciones de límites/contorno de los procesos de niveles inferiores (García, 2006).

#### 1.4 SISTEMAS ADAPTATIVOS COMPLEJOS (SAC)

A partir de la propuesta de enfoque de complejidad organizada de Weaver (1948), y los intentos de establecer sus “límites” de acción, a través de relaciones conceptuales identificadas en los trabajos de Morín (1981), García (2006) y Maldonado (2007), se identifican dos enfoques, que no se contraponen, sino que se complementan (Cuadro 0.1): el primero, relacionado con la epistemológica de la complejidad general, que se orienta al método y que ha sido tratado en acápite anteriores, y el segundo, la complejidad restringida que sustenta los SAC (Maldonado, 2007) que serán tratados a continuación.

La construcción de la complementariedad de enfoques, por un lado, del pensamiento complejo y, por otro, de las ciencias de la complejidad, es una propuesta que busca superar el enanismo pragmático y epistemológico que presentan cada uno de ellos, respectivamente.

El pensamiento complejo puede brindar el campo reflexivo necesario para desarrollar un marco epistémico inclusivo de valores éticos y políticos conformes a las necesidades y desafíos de las comunidades sociales, locales, nacionales, regionales y planetaria. Las ciencias de la complejidad pueden brindar las herramientas metodológicas concretas para el estudio de fenómenos complejos (Maldonado, 2007:104).

En el intento de conciliar las posiciones antagónicas generadas entre el pensamiento complejo y las ciencias de la complejidad, el presente trabajo toma como base epistemológica la transdisciplinariedad propuesta por Morín, e indaga sobre las herramientas metodológicas más versátiles, flexibles y pertinentes para abordar desde la praxis la resiliencia, uno de los procesos fundamentales en la dinámica de los SAC.

Los SAC, más allá de cumplir con las características de los sistemas complejos, se identifican por tener la capacidad de cambiar y aprender de la experiencia (Holland, 1995)<sup>16</sup>. Holland (1995), de manera paralela a las investigaciones en torno a la resiliencia ecológica de Holling (1973), se pregunta *cómo la adaptación construye la complejidad* y busca el orden “oculto” presente en los sistemas complejos (Holland, 1995). El concepto de adaptación en la construcción de la complejidad lleva a Pike et al.,(2010) y Walker et al., (2004) a definirlo como un movimiento hacia un camino preconcebido donde los elementos de un sistema realizan acoplamientos fuertes y estrechos para mantener la estabilidad; es decir, un enfoque estático que no es compatible con el cambio y el aprendizaje que caracterizan a los SAC, por lo que plantean la necesidad de tener un

<sup>15</sup> Las escalas de fenómenos están determinadas por los elementos (subsistemas) del sistema estudiado.

<sup>16</sup> Investigador del Santa Fe Institute, centro de investigación ubicado en New Mexico (USA). Es una organización dedicada a descubrir, comprender y comunicar los principios fundamentales de la complejidad; sus líneas de investigación concentran tres campos: la física y computación de los sistemas complejos, el comportamiento humano, instituciones y sistemas sociales, y el origen, jerarquía y dinámica de los sistemas vivos (Santa Fe Institute, 2014).

concepto dinámico que sintetice la capacidad del sistema para efectuar y desplegar múltiples trayectorias evolutivas con acoples holgados y débiles que mejoren su respuesta global a los cambios imprevistos. Así, se plantea la adaptabilidad como la capacidad de adaptación, modificando el cuestionamiento de Holland (1995) para replantearlo a *cómo la adaptabilidad contruye la complejidad*.

En la visión de componentes del sistema complejo de García (2006), se consideraba a los elementos como subsistemas que interactúan entre sí. Para Holland (1995) y los SAC, estos representan “agentes” que pueden realizar tareas o ejecuciones, y presentan una característica esencial: pueden aprender y presentar adaptabilidad mientras van interactuando entre sí. Los denomina “agentes adaptativos” y los explica a través de la dinámica del sistema inmunológico<sup>17</sup>. Acerca de las aplicaciones y utilidades de los SAC, Holland (2006) propone una resumida lista, en la que se pueden identificar el fomento de la innovación en las economías dinámicas, el desarrollo sostenible, la preservación de ecosistemas, el control de internet, entre otros.

Con una clara orientación hacia los sistemas computacionales, Holland (1995) propone una división de los agentes en función de su adaptabilidad. Los primeros son aquellos sistemas donde los agentes cumplen funciones ejecutando una serie de normas preestablecidas, es decir, se trata de un proceso netamente operativo; los segundos cuentan con la posibilidad de tomar decisiones, es decir, con la capacidad de discriminación en torno a reglas dadas en el sistema; y, por último, están aquellos agentes que pueden inventar o proponer nuevas reglas, es decir, con capacidad de aprender y adaptarse (agente adaptativo), siempre teniendo en cuenta las escalas de fenómeno y tiempo, ya que no serán lo mismo los cambios en el sistema nervioso central, los cuales tomarán centésimas de segundo, que los cambios en ecosistemas, que pueden tardar cientos e inclusive miles de años.

Bajo este contexto, Holland (1995) en su obra *Hidden Order* presenta “siete elementos básicos” (cuatro propiedades y tres mecanismos) que identifican un SAC: i) **la agregación** (propiedad), que es la capacidad de colaboración que tienen los agentes para producir un efecto global, así como para dotar al sistema de características únicas; ii) **la no-linealidad** (propiedad), que es la imposibilidad de determinar el sistema analizando partes individuales de este; iii) **los flujos** (propiedad), que identifican los diferentes canales a través de los cuales circula la información entre agentes; iv) **las etiquetas** (mecanismo), que permiten la identificación de los agentes; v) **los bloques de construcción** (mecanismo), que son las diferentes funciones elementales, que, al conectarse entre sí, permiten el funcionamiento del sistema complejo; vi) **los modelos internos** (mecanismo), que permiten el surgimiento de patrones de comportamiento que ayudan a la comprensión de cómo el sistema puede pronosticar<sup>18</sup>; vii) **la diversidad** (propiedad), que identifica a los diferentes tipos de agentes que interactúan en el interior de un sistema. Sobre estos elementos que vienen a representar características de los SAC, Gell-Man (1994) argumenta que no existe un acuerdo definitivo sobre las características de los SAC y hace su propia propuesta. Sin embargo, esta no se aleja de la de Holland, y más bien la resume (Bohórquez, 2013).

<sup>17</sup> En el sistema inmunológico, el agente adaptativo sería el anticuerpo. Este sistema es tan bueno que puede distinguir entre miles de moléculas químicas distintas y, así, diferenciar a un organismo de otros (Holland, 1995).

<sup>18</sup> Los sistemas complejos presentan como una característica general la emergencia, que es el surgimiento permanente de novedades por interacciones entre los agentes, que hacen imposible la predicción de los estados futuros (Holland, 1998).

A manera de síntesis, Bohórquez (2013) plantea que “los SAC se encuentran compuestos por agentes en interacción descritos en términos de reglas que cambian (adaptabilidad) en la medida que el sistema acumula experiencia”. Una de las conclusiones más destacadas del trabajo de Holland sobre los SAC, es la metáfora que hace referencia a lo expresado por Hans Berliner<sup>19</sup> cuando dice “que lo más importante al jugar una partida de ajedrez, es no cometer errores graves; si estos se pueden evitar, habrá una posibilidad de ganar”; es decir, la gestión de los SAC está orientada hacia un aprendizaje que evita los errores que pueden causar el colapso del sistema.

Otro aporte relevante de Holland (2006) es que establece una base de análisis empírico para los SAC, ya que propone los modelos informáticos como una forma de tratarlos e identificar los puntos críticos en los cuales el sistema puede cambiar de funciones y estructura, cayendo potencialmente en un estado no deseado. El uso de la modelización y simulación de sistemas complejos es visto por Axelrod (1997) y Maldonado y Gómez (2010) como una tercera vía de hacer ciencia, “distinta y complementaria a la deducción e inducción” (Rodríguez y Aguirre, 2011), ya que la simulación por computadora puede abordar los patrones de interacciones cambiantes que se dan entre los elementos (agentes) de este tipo de sistemas.

Como la deducción, comienza con un conjunto de supuestos explícitos. Pero a diferencia de ella, no demuestra teoremas, sino que genera información simulada que puede ser analizada inductivamente. A diferencia de la inducción típica, no obstante, la información simulada proviene de un conjunto de reglas rigurosamente especificadas antes que de una medición directa del mundo real. Mientras que el propósito de la inducción es encontrar las consecuencias de los supuestos, el propósito del modelado basado en los agentes es auxiliar a la intuición (Axelrod, 1997:4).

Los sistemas socioecológicos se identifican con los sistemas adaptativos complejos por definición. Su dinámica está gobernada por la incertidumbre de la acción de elementos de la naturaleza (eventos naturales extremos como terremotos, erupciones volcánicas, inundaciones, sequías, etc.) o el propio ser humano (conflictos sociales como guerras, atentados terroristas, depresiones económicas, crisis políticas, etc.) que conduce al sistema socioecológico a ciclos de organización, destrucción y reorganización, en una búsqueda continua de la adaptación evolutiva, que puede entenderse como resiliente

## 1.5 PANARQUÍA Y RESILIENCIA

Ante la necesidad de comprender el cambio adaptativo y la complejidad de las relaciones en los sistemas ecológicos, económicos y organizacionales, se acuña el término *panarquía*, cuyo objetivo fundamental es racionalizar la interacción entre el cambio y la persistencia, entre lo predecible y no predecible (Holling et al., 2002). Es un modelo heurístico (Allen et al., 2014) que tiene la posibilidad de ajustarse a las ideas de jerarquías y escalas (García, 2006), al orden y desorden organizador (Morín, 1981).

Las disciplinas relacionadas con la economía, ecología y las organizaciones, desde sus perspectivas parciales, están demostrando que no son sostenibles (Allen et al., 2014),

---

<sup>19</sup> Hans Berliner es profesor de Ciencias de la Computación en la Universidad Carnegie Mellon; fue campeón mundial de ajedrez entre 1965 y 1968.

por lo que es necesario un enfoque transdisciplinar que vaya más allá de la combinación de fortalezas interdisciplinarias hacia la comprensión de una sociedad planetaria (Morín, 1994). Responden a sistemas complejos que están en evolución y presentan similitudes con los procesos biológicos (Holling et al., 2002; Kaneko, 1998), por lo que el concepto de panarquía captura esa esencia, haciendo hincapié en la estructura jerárquica, donde el control de procesos no solo es de una vía, de arriba hacia abajo, sino que también puede ser de abajo hacia arriba (Allen et al., 2014), es decir, procesos de pequeña escala que pueden llegar a influenciar a los de escala superior (“efecto mariposa”<sup>20</sup>).

La dinámica de los sistemas adaptativos complejos pone especial énfasis en la emergencia (Holland, 1998; Holling, 2002) y la diversidad (Holland, 1995), cuya interacción crea oportunidades que permiten el desarrollo sostenible. Se enmarca en una naturaleza resiliente, evolutiva y adaptativa; es aquí donde Gunderson y Holling (2002) dan respuesta a la interrogante de por qué el mundo no ha colapsado a pesar de haber sufrido impactos naturales y sociales extremos. Primero, porque los sistemas ecológicos naturales tienen la capacidad de recuperación frente a grandes catástrofes, manteniendo la integridad de sus funciones y, segundo, por el comportamiento humano y la creatividad que lleva a las personas a adaptarse, no solo a través de la persistencia de forma pasiva, sino a través de la innovación (Gunderson y Holling, 2002). Las teorías clásicas para abordar la inestabilidad de los sistemas sociales y ecológicos no encuentran respuesta a la interrogante planteada porque fueron concebidas para el equilibrio, el menos probable de los escenarios.

En busca de comprender la integración de las dinámicas de cambio en tiempo y espacio que se dan en los sistemas socioecológicos, Gunderson et al. (1995) acuñan el término *panarquía* como una antítesis de la jerarquía y como un paraguas para las reglas de la naturaleza<sup>21</sup>. En él se busca incorporar todas las disciplinas que permitirán su comprensión. En esta integración disciplinar que plantean Gunderson et al. (1995) se pasa por alto el cómo será esa incorporación, generando un vacío metodológico que en el presente trabajo se cubrirá con la visión epistemológica de la transdisciplinariedad (Morín, 1994). Este continuo cambio dinámico será la génesis del ciclo adaptativo, que se entenderá como una herramienta para el pensamiento, y cuya presencia exigirá tres requisitos (Holling y Gunderson, 2002):

- Que el sistema sea productivo y que acumule los recursos que reciba, no para usarlos en el presente, sino en el futuro.
- Que el sistema presente algún tipo de cambio de equilibrio entre la estabilización y las fuerzas desestabilizadoras.
- Que la capacidad de resistencia del sistema debe ser una cantidad dinámica y cambiante, que proporcione un equilibrio entre vulnerabilidad y persistencia.

<sup>20</sup> El “efecto mariposa” se relaciona con el trabajo de Edward Lorenz, y se basa en la teoría del caos y la dependencia sensible de las condiciones iniciales, descritos en un trabajo de Henri Poincaré en 1890. En 1961, Lorenz estaba usando un modelo numérico del ordenador para volver a ejecutar una predicción del tiempo, cuando, como un acceso directo en un número de la secuencia, entró en el decimal 0.506 en lugar de introducir 0.506127. El resultado fue un escenario de clima completamente diferente (Lorenz, 1963). Para 1972, Lorenz presentaría una conferencia con la llamativa interrogante ¿El aletear de una mariposa en Brasil puede provocar un tornado en Texas?

<sup>21</sup> El término panarquía incluye el prefijo *Pan*, que significa “todo”.



El ciclo adaptativo se consolida como un modelo heurístico<sup>22</sup> que condensa los SAC en cuatro procesos fundamentales (Figura 1.3): explotación, conservación, destrucción y reorganización (Holling y Gunderson, 2002).

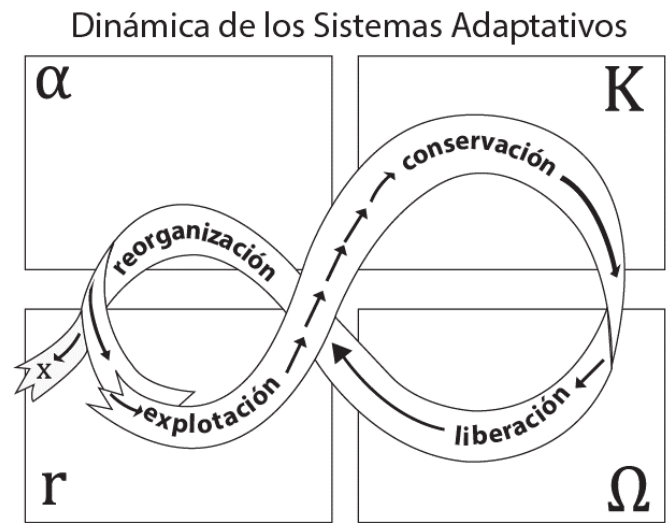


Figura 1.3 Representación gráfica de panarquía

Fuente: Gunderson y Holling, *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural System*, 2002

Holling (1986) plantea algunas posibles analogías entre las funciones de los ecosistemas y las funciones o tipologías propuestas por otros sistemas (Cuadro 1.4).

Cuadro 1.4 Analogías entre funciones del modelo de panarquía con diferentes tipos de sistemas

Enfoque	Función			
<b>Ecosistemas</b>	Explotación	Conservación	Destrucción creativa	Renovación
<b>Económico</b>	Innovación, emprendimiento	Monopolio Jerarquía Saturación Rigidez social	Destrucción creativa	Invencción
<b>Tecnológico</b>	Innovación	Monocultivo tecnológico Estancamiento tecnológico	Parálisis participativa	Conocimiento experto
<b>Organizacional</b>	Mercado empresarial	Castas, Burocracia	Sectas	Ineficacia
<b>Psicológico</b>	Sensación	Pensamiento	Intuición	Sentimiento

Fuente: Holling C. S., (1986). “The Resilience of Terrestrial Ecosystems: Local surpricse and global change”

La visión tradicional de la sucesión de los ecosistemas se ha visto que está controlada por dos funciones: la explotación y la conservación. La primera hace hincapié en la rápida colonización de las zonas recientemente afectadas por una perturbación y la segunda enfatiza en la lenta acumulación y almacenamiento de energía y material (capital

<sup>22</sup> El modelo heurístico de panarquía es desarrollado por Gunderson y Holling con el fin de graficar los ciclos adaptativos. Su elaboración se concibió a partir del resultado de varias investigaciones en sistemas ecológicos; destaca el trabajo de Gunderson, Holling, y Light, (1995).

almacenado). En ecología de las especies, la fase de explotación se ha caracterizado por estrategias  $r$ , y en la fase de conservación por estrategias  $K$ , nombres extraídos de los parámetros clásicos de la ecuación logística<sup>23</sup> ( $r$  representa la tasa instantánea de crecimiento de una población, y  $K$  la meseta sostenida o población máxima que alcanza). Las estrategias  $r$  se caracterizan por una amplia capacidad de dispersión y rápido crecimiento en un escenario caracterizado por la lucha de competidores; en cambio, las estrategias  $K$  tienden a tener tasas de crecimiento más lentas. Durante la transición de  $r$  a  $K$  (crecimiento decreciente), la conectividad y la estabilidad crecen, mientras que el capital (energía, materia, etc.) poco a poco se va acumulando y reteniendo; al final de la transición pocas “especies” serán las dominantes y el capital acumulado será el potencial que permita el desarrollo de futuros sistemas. Para un sistema socioeconómico, ese potencial acumulado podrían ser las habilidades, la energía, las redes de relaciones humanas y la confianza mutua que se desarrollaron y probaron de forma incremental durante la evolución de  $r$  a  $K$ .

El modelo de panarquía, inicialmente concebido para abordar los sistemas ecológicos, incorpora dos funciones importantes. i) La liberación, conocida como “destrucción creativa” (Schumpeter, 1942), que se podrá entender, bajo la concepción de Morín (1981), como el proceso de pérdida de entropía que permite la dispersión y la posibilidad de tomar nuevas formas del sistema en la relación desorden/orden/organización. Esta fase es denominada  $\Omega$  y en ella se produce la ruptura de lo ortodoxo, la aparición y apareamiento de contraculturas creativas, la fragilidad e inestabilidad en el *statu quo*; los niveles de incertidumbre son máximos, el control débil y confuso, y las acciones de gestión tradicionales son inefectivas; ii) La reorganización es una fase rápida que conduce a la renovación de  $\Omega$  a  $\alpha$ , donde, sobre la base del legado del sistema antiguo, se incrementará la incertidumbre y se irá progresivamente acumulando el capital, se disminuirá la conectividad y se incrementará la resiliencia; en esta fase la influencia de los factores exógenos será alta y es el escenario propicio para las innovaciones.

El proceso del ciclo adaptativo continúa con el desarrollo de una nueva fase de  $\alpha$  a  $r$ . En esta se disminuye el capital acumulado en la fase  $K$  y queda el legado “genético” sobreviviente de  $\alpha$ ; desde el punto de vista ecológico, quedan las especies adaptadas a la variabilidad externa (estrategia  $r$ ), se establecen nuevas asociaciones, por lo que empieza a incrementarse la conectividad, existe una alta influencia de factores exógenos y se prueban las innovaciones, algunas de ellas permanecen y otras no; las estrategias  $r$  van siendo paulatinamente reemplazadas por las estrategias  $K$ , empieza a disminuir la resiliencia y a disminuir la influencia de los factores exógenos y se incrementa la posibilidad de predicción a corto plazo; el sistema alcanza su máximo estado de rigidez y regulación interna y aumenta la vulnerabilidad a factores exógenos. En síntesis, los efectos de la dinámica de los sistemas bajo el modelo heurístico de panarquía en dos dimensiones (capital almacenado y conectividad) incorpora una tercera dimensión que es la resiliencia, representada en la Figura 1.4.

<sup>23</sup> Es una función exponencial, que resulta válida para describir crecimientos continuos en los que las condiciones son siempre igualmente favorables (aumento de capital depositado, desintegración de sustancia, etc.). En general, las poblaciones de los seres vivos comienzan creciendo según la curva exponencial, pero si hay situaciones adversas (epidemias, incendios, depredadores, competencia, etc.), llegan a invadir totalmente su espacio vital y su crecimiento se va controlando y amortiguando (Engler et al., 2005).

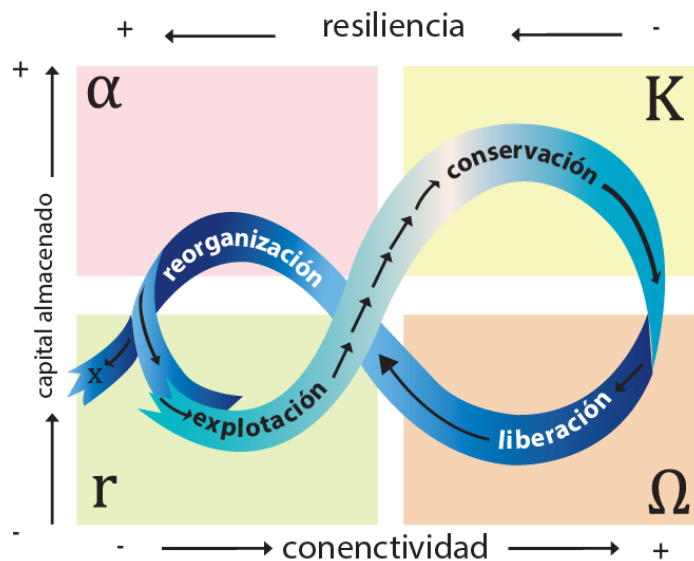


Figura 1.4 Panarquía y resiliencia

Fuente: Gunderson y Holling (2002), *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems*.

Los ciclos adaptativos se anidarán en una jerarquía a través del tiempo y el espacio, renovándose y generando nuevas recombinaciones que van siendo sometidas a largos periodos de acumulación de capital y almacenamiento, sin permitir inestabilidades debido a la naturaleza estabilizadora de las jerarquías anidadas, como se observa en la Figura 1.5. Los componentes más lentos y grandes de la jerarquía proporcionan la memoria del pasado y de la distancia para permitir la recuperación de los ciclos pequeños y rápidos. Una jerarquía anidada de ciclos adaptativos representa una panarquía (Gunderson y Holling, 2002).



Figura 1.5 Jerarquía anidada de ciclos adaptativos (panarquía)

Fuente: Gunderson y Holling (2002). *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural System*.

En la dinámica de los ciclos adaptativos están presentes cuatro conceptos fundamentales: el capital almacenado (potencial), el grado de control interno sobre la



variabilidad (conectividad), la vulnerabilidad<sup>24</sup> y la resiliencia<sup>25</sup>. Los dos últimos dejan diversas interrogantes sobre la gestión de los sistemas adaptativos; entre las más importantes, y que dejan espacio para el análisis y la investigación, están: ¿existen diseños y acciones que permitan el crecimiento sin aumentar la rigidez hasta el punto del colapso, es decir, acciones que lleven el sistema de  $r$  a  $K$  sin que este pierda resiliencia? ¿Cuáles son las variables críticas, en un sistema determinado, que incrementan o disminuyen su resiliencia? ¿Qué hace que un determinado sistema tenga mayor adaptabilidad<sup>26</sup> que otro?

Considerando la conveniencia del uso del modelo de la panarquía, muchos autores que han investigado los vínculos entre los ciclos de adaptación en los sistemas sociales y ecológicos. Se han presentado diversos estudios que se pueden clasificar en cuatro áreas fundamentales: teoría, sistemas socioecológicos, economía y derecho. Una revisión detallada basada en el trabajo de Allen et al. (2014) se presenta a continuación:

Cuadro 1.5 *Enfoques y aplicaciones del modelo de panarquía*

Enfoque	Aplicaciones de la panarquía	Autores
<b>Teoría</b>	Aspectos teóricos de panarquía los vínculos entre la resistencia, los cambios de régimen y los umbrales	Angeler et al., 2012; Garmestani et al., 2009
	Identificación de escalas	Petrosillo et al., 2010; Zaccarelli et al., 2008
	Panarquía y resiliencia (vulnerabilidad)	Angeler et al., 2010; Angeler et al., 2012; Carreiro y Zipperer, 2011; Fraser et al., 2005; Gunderson et al., 2010; Kuecker y Hall, 2011.
<b>Sistemas socio-ecológicos</b>	Población y fenómenos migratorios	Leuteritz y Eklund, 2008; Warner, 2011.
	La organización del sistema en términos de panarquía y la prestación de servicios de los ecosistemas	Dick et al., 2011; Mhango y Dick, 2011.
<b>Economía</b>	Turismo	Biggs, 2011; Carreiro y Zipperer, 2011; Farrel y Twining-Ward, 2004.
	Sistemas urbanos	Bessey, 2002; Eason y Garmestani, 2012; García et al., 2011; Garmestani et al., 2005; Garmestani et al., 2007; Garmestani et al., 2008; Garmestani y Allen, 2009.
	Economía regional	Garmestani et al., 2006
	Gestión del cambio	Gotts, 2007
<b>Derecho</b>	Cambio institucional y organizacional necesario para mejorar la capacidad de recuperación	Brunckhorst, 2002
	Integración de la panarquía a los sistemas legales.	Benson y Garmestani, 2011; Ruhl, 2012; Garmestani y Benson, 2013; Karkkainen, 2006.
<b>Estudios de caso</b>		Downey, 2010; Evans, 2008; Fraser, 2003; Beier et al., 2009; Fraser y Stringer, 2009; Van Apeldoorn et al., 2011; Moen y Keskitalo, 2010; Mhango y Dick, 2011;

Fuente: Allen et al., (2014). *Panarchy: Theory and application*

<sup>24</sup> Un concepto que ha sido desarrollado con una orientación a sistemas complejos por parte de Adger (2006); considera que es la susceptibilidad del sistema al no ser capaz de mantener sus funciones y estructura. García (2006) la considera una condición de límite o contorno.

<sup>25</sup> Más allá de que es un concepto en construcción, una conceptualización generalmente aceptada es la propuesta Holling (1974), que la define como una medida de la persistencia de los sistemas y de su capacidad para absorber los cambios y alteraciones y seguir manteniendo las mismas funciones, identidad y estructura. García (2006) la considera como propiedad estructural del sistema.

<sup>26</sup> Tomando como base lo propuesto por Walker et al., (2004) y los principios de autoorganización de Ashby (1962), se define como la capacidad colectiva de los elementos de un sistema para gestionar la resiliencia. La capacidad adaptativa proporcionará resiliencia al sistema frente al impacto de las perturbaciones.

El modelo heurístico de panarquía ha permitido identificar umbrales de oportunidades y transformaciones (Evans, 2008; Van Apeldoorn et al., 2011) en el límite de la resiliencia; al definir la estructura y la presencia de diferentes escalas en los SAC, se pueden establecer los puntos críticos que requieren control, a fin de evitar transformaciones no deseadas del sistema. De ahí la importancia de definir metodologías para su tratamiento; el modelo de *cross-scale*<sup>27</sup>, por ejemplo, permite el análisis de las funciones a través de las escalas (Allen et al., 2005), y el análisis de discontinuidades permite determinar objetivamente las escalas presentes en un sistema así, su variabilidad y resiliencia (Allen y Holling, 2008; Allen et al., 2005). Sin embargo, existe una limitación, ya que los datos requeridos corresponden a escalas de tiempo muy largas y son difíciles de obtener (Allen et al., 2014).

El modelo de panarquía también permite abordar dos fenómenos importantes: los cambios de régimen y la novedad (Allen et al., 2014), los cuales facilitan la definición de estrategias de gestión del sistema y la resiliencia. Determinar los puntos exactos en los que los cambios de régimen tienen lugar es muy complejo; por lo que se han presentado propuestas para identificar algunas señales tempranas que evidencien que el SAC está cambiando. Por ejemplo, Carpenter y Brock (2006) llegaron a la conclusión de que el aumento de variabilidad<sup>28</sup> en los SAC es un indicador de que este está entrando en un proceso de transición (cambio de régimen); por otro lado, Scheffer et al. (2009) identificaron un estado previo *deflickering*, antes de que se produzca algún cambio en el sistema. El otro fenómeno importante es la novedad, entendida como la creación de cosas nuevas o de nuevas recombinaciones en el sistema, a través de un proceso natural y humano, un camino de  $\Omega$  a  $\alpha$  en el modelo de panarquía. La innovación, vista desde esta perspectiva, se entenderá como el proceso en el que los seres humanos desarrollan la novedad (Allen et al., 2014).

<sup>27</sup> El modelo *cross-scale* puede ser concebido como modelo interescalar, es decir, un modelo que se enfoca en el acoplamiento no lineal de varias escalas a la vez.

<sup>28</sup> Un sistema incrementa su variabilidad cuando sus elementos empiezan a tener cambios de estado que rompen con la tendencia histórica del sistema. Según Ashby (1962), el número de estados que se puede alcanzar en un sistema es prácticamente infinito. En un sistema socioecológico, cambios en las variables sociales, como incremento acelerado en los niveles de delincuencia, pueden impulsarlo a su destrucción o a establecer acciones que permitan su control (gobernanza adaptativa) para encaminarlo a un proceso de desarrollo evolutivo.

## CAPÍTULO II. RESILIENCIA

### 2.1 INTRODUCCIÓN

La palabra “resiliencia” etimológicamente nace del verbo en latín *resilio*, *resiliere*, que significa saltar hacia atrás, rebotar<sup>29</sup>. Su uso se ha generalizado en diversas disciplinas como la ingeniería, la psicología, la ecología, el derecho y la economía, donde se ha venido construyendo un marco teórico para su estudio y aplicación. Este término empieza a revolucionar el mundo científico cuando se lo involucra con el ser humano y la naturaleza, deja de ser una característica simple en la ingeniería de los materiales y se convierte en un concepto clave para enfrentar la incertidumbre, el caos, el no-equilibrio, la contradicción, el azar, la emergencia en los denominados sistemas complejos.

Este capítulo tiene como objetivo establecer un concepto de resiliencia que permita comprender los procesos de recuperación de los sistemas socioecológicos que han sido afectados por desastres de origen natural. El desastre es concebido como un proceso endógeno del macrosistema, que desde la dimensión ecológica produce un impacto interescalar, provocando procesos de respuesta en los diferentes sistemas, que derivan en cambios evolutivos que evitan su colapso. El punto de partida son las definiciones dadas desde la ingeniería y la psicología, para luego continuar con los aportes más holísticos desde la visión de los sistemas ecológicos. El posterior enlace de la visión ecológica con la social establece un nuevo paradigma multidimensional para la resiliencia que justifica ser tratada desde los SAC.

Una revisión conceptual, metodológica y empírica de la resiliencia es necesaria para identificar los principales trabajos que contribuyen a la comprensión de este proceso en el ámbito de los SAC y, de manera específica, aquellos que tratan zonas afectadas por desastres de origen natural. Una guía inicial en términos generales es considerar la resiliencia desde tres enfoques: social, ecológico y económico. Por otro lado, características como la capacidad dinámica de aprendizaje, autoorganización y adaptabilidad en los SAC y su relación con el modelo heurístico de panarquía abren un espacio para que la resiliencia pueda ser conceptualizada y contextualizada.

Al ser la resiliencia parte de los sistemas adaptativos complejos, hay propiedades y características que pueden compartir. Así, la capacidad de aprendizaje, la autoorganización, la adaptabilidad y la capacidad de transformación son el resultado de la resiliencia como proceso en los sistemas socioecológicos. De igual manera se identifican propiedades, como son la redundancia, la diversidad, la modularidad y la apertura, presentes en mayor o menor grado en las diferentes dimensiones de la resiliencia. Tanto las capacidades que promueve la resiliencia como sus propiedades serán abordados en los siguientes apartados.

---

<sup>29</sup> Significado tomado del Diccionario Básico Latín-Español/Español-Latín. Barcelona, 1982.

## 2.2 APROXIMACIÓN CONCEPTUAL DE RESILIENCIA

Diferentes disciplinas marcan su perspectiva conceptual sobre la resiliencia; investigaciones plantean que su definición nace en la física, definiéndose como la capacidad de un material de recobrar su forma original después de haber estado sometido a altas presiones (Banchini & Martínez, 2005). Se pueden hallar algunos elementos que son claves en este concepto inicial: el retorno a un punto de inicio y el equilibrio, elementos que serán cuestionados y replanteados por diferentes investigadores que, desde varias disciplinas y contextos, entienden la resiliencia como un concepto fundamental en la dinámica de los sistemas.

Sobre la base de la física, pero con un enfoque humano desde la perspectiva de la psicología, Rutter (1993) presenta la siguiente definición:

La resiliencia es un fenómeno manifestado por personas que evolucionan favorablemente, habiendo sido víctimas de estrés que, para la población general, comprendería un riesgo serio con consecuencias graves (Rutter, 1993:630).

Este planteamiento inicial evolucionaría, entendiendo la resiliencia como un concepto interactivo que combina las experiencias de riesgo graves con un resultado psicológico relativamente positivo. Desde un sentido más amplio, Rutter (2006) complementaría esta definición como “la reducción de la vulnerabilidad a las experiencias de riesgo ambiental, la superación del estrés y la adversidad”. Aparece la vulnerabilidad como un elemento enlazado con la resiliencia de efecto inversamente proporcional.

De forma paralela, el desarrollo conceptual se vendría tejiendo desde la perspectiva ecológica con Holling (1973), quien define la resiliencia como:

Una medida de la persistencia de los sistemas y de su capacidad para absorber los cambios y alteraciones y seguir manteniendo las mismas relaciones entre las poblaciones o las variables de estado (1973:17).

Holling (1973) incorpora dentro de este análisis la relación evolutiva que se genera entre estabilidad-resiliencia, llegando a concluir que “existe una relación inversa, es decir a mayor estabilidad en el tiempo de un sistema menor será su resiliencia” (1973:14-15); los sistemas ecológicos, al permanecer estables en el tiempo, se vuelven rígidos y pierden capacidad de respuesta a eventos inesperados. Posteriormente, Pimm (1984) agregaría una interpretación de la resiliencia, desde un enfoque de la ingeniería, como velocidad de retorno al equilibrio luego de una perturbación, por lo que Holling (1996) distinguiría dos tipos de resiliencia: una aplicada a la ingeniería, con un solo punto de equilibrio para el retorno luego de la incidencia de una perturbación, y otra aplicada a la ecología, con la suposición de múltiples equilibrios (alternativas) de retorno. Otros elementos importantes en este tipo son el reconocimiento de la inevitabilidad de las “sorpresas” dentro de un sistema, con resultados inesperados muy diferentes a los anticipados, así como la capacidad de los ecosistemas de autoorganizarse en un entorno de inestabilidad, logrando fortalecer su estructura y por ende su capacidad de adaptación (Holling, 1986; Peterson et al., 1998), siempre y cuando la magnitud de la perturbación no supere la resiliencia del sistema (Allen y Holling, 2008).

Este proceso de evolución conceptual iría incorporando, reemplazando y omitiendo varios elementos entorno a los sistemas socioecológicos, siendo estos sistemas y sus investigadores los que más han aportado al debate científico, fundamentalmente desde que el Instituto Beijer de la Academia Sueca de Ciencias promoviera una serie de encuentros que permitirán un trabajo interdisciplinario entre ecologistas<sup>30</sup> y economistas<sup>31</sup>. Así, llegarían a conclusiones que cuestionarían la economía ortodoxa, que en un sentido matemático se caracteriza por promover la panacea de crecimiento económico, sin tomar en cuenta su profunda y en muchos casos imborrable huella sobre el medio ambiente (Gunderson y Holling, 2002), más allá de que las teorías económicas ya se alejan de la realidad cuando no incorporan la posibilidad de que hechos sorprendidos y no previstos cambien el rumbo de la historia; la incertidumbre es remplazada en muchos casos por la torpeza de la ideología espuria, enmarcada dentro de una dinámica lineal de desarrollo.

Es evidente que los SAC se caracterizan por tener estructuras discretas, funciones y procesos discontinuos en cada tiempo y espacio (Holling, 1992). La base teórica está sustentada en la teoría de la jerarquía (Allen y Starr, 1982), que evolucionaría hacia la teoría de los sistemas adaptativos complejos (Arthur et al., 1997; Levin, 1998) y la teoría de la complejidad (Morín, 1994), enfoques que han permitido el desarrollo de la teoría de la resiliencia y la panarquía (Gunderson et al., 2010). Holling (1986), sobre esta base teórica, centra su estudio en los sistemas ecológicos, poniendo especial atención en los procesos de destrucción y reorganización (teoría de la complejidad/panarquía), que habían sido descuidados en favor de los de crecimiento y conservación (Gunderson y Holling, 2002). Tradicionalmente la ecología se ha concentrado en el concepto de sucesión, que describe la transición de una época de explotación a una de conservación, sin tomar en consideración dos funciones adicionales, la liberación y la reorganización, que actúan y se alternan en un ciclo adaptativo entre largos períodos de incorporación y transformación de recursos y períodos más cortos que generan oportunidades para la innovación, lo que se corresponde con el modelo heurístico de panarquía (Gunderson et al., 1995). Probablemente sea esta la mayor contribución que se ha realizado al estudio de la resiliencia, ya que, como se ha visto, incorpora un enfoque adaptativo complejo donde juega un papel protagónico la autoorganización.

La realidad es evidente; el aumento de población (fase de  $r$  a  $K$  en el modelo de panarquía) y el uso desmesurado de recursos y, por consiguiente, el cambio de la cubierta antropogénica han dejado a la humanidad más vulnerable a desastres de origen natural (Gunderson y Holling, 2002) y sociales (Figura 2.1). Si bien el hombre ha hecho frente a estas catástrofes, los niveles de incertidumbre frente a ellas con cada vez mayores, como mayor es el consumo (en el modelo de panarquía correspondería a la fase  $K$ ) (Kasperson et al., 1995). El planeta es finito y bioproductivo, permitiendo el desarrollo de la vida gracias a lo que produce. Para que la vida sea sostenible, no se puede superar el uso de 1.4 has por cada ser humano; en la actualidad, esta razón está alrededor de 1.8 has y existen países que la superaran ampliamente, como el caso de Francia con 4.5 has de uso de tierra por habitante

<sup>30</sup> El primer trabajo desde la visión ecológica que se generaría como conclusión de las reuniones promovidas por el Instituto Beijer desde 1993, sería el artículo de Carl Folke "Ecologists and Economists can Find Common Ground" publicado en la revista *Bioscience* en 1995.

<sup>31</sup> Arrow et al (1995), desde una visión económica, reclama al medio ambiente como un elemento esencial para el desarrollo de las sociedades; las conclusiones de este trabajo son presentadas en el artículo "Economic Growth, Carrying Capacity, and the Environment" publicado en la revista *Science* en 1995.



(Latouche, 2006). Estos excesos superan los umbrales máximos de perturbaciones (fase K en panarquía) que puede admitir el planeta como sistema, por lo que existe una alta probabilidad de llevarlo a un estado alternativo indeseable y altamente resistente, con presencia de histéresis. Cuando la resiliencia se pierde o se reduce significativamente (umbral de fase  $\Omega$ ), un sistema está en alto riesgo de cambiar a un sistema cualitativamente diferente. Restaurar el sistema al estado previo a la perturbación puede ser muy complejo y costoso; en muchos casos se requerirá volver a un estado anterior al punto de perturbación (Afgan & Veziroglu, 2012).

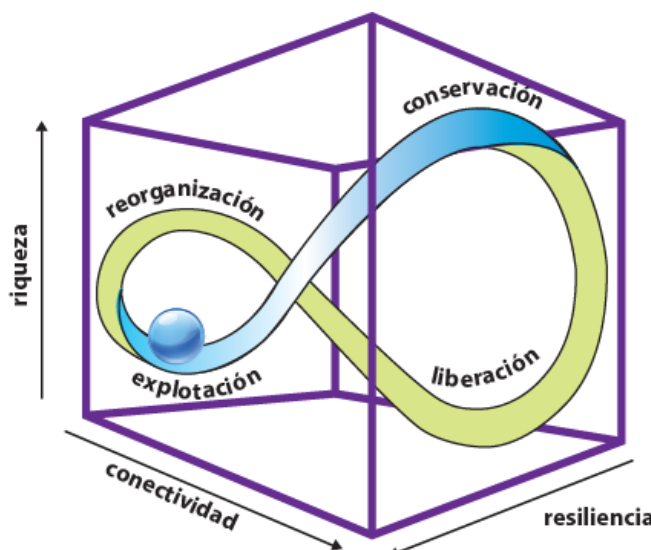


Figura 2.1 Dinámica de la resiliencia en torno al concepto de panarquía  
Fuente: Gunderson y Holling (2002). *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural System*.

Pero ¿qué hace que los sistemas pierdan resiliencia, haciéndoles más vulnerables a perturbaciones externas a él? Holling (1986) proporciona varios ejemplos donde se evidencia que el control de la variabilidad (conectividad) en un sistema por la gestión humana reduce su capacidad para responder a eventos inesperados; se plantea que el incremento de estabilidad reduce la resiliencia, incrementando en consecuencia su vulnerabilidad.

Una amplia explicación empírica es presentada por Schneider (2007) en un compendio de casos empresariales exitosos que surgen dentro de contextos en la inestabilidad típica (social, política y económica) de países latinoamericanos, lecciones que muchas empresas de países desarrollados no entendieron o no pudieron aplicar, pues estas se gestionaban en entornos estables con poca variabilidad de factores sociales, económicos y políticos, al menos en comparación con Latinoamérica. Razones que motivarían el incremento de su vulnerabilidad ante eventos no previstos, como el estadio de crisis global que tendría sus inicios a mediados del 2007, debido a desequilibrios en los mercados financieros que se agravarían por la política monetaria laxa de la Reserva Federal de los Estados Unidos desde inicios del 2000 y desequilibrios globales en cuentas externas de varios países, generándose, entre otros eventos críticos, una burbuja hipotecaria que se expandiría como una crisis global (Reyes & Cardoso, 2008); empresas

y países no estuvieron preparados para soportar las consecuencias de su impacto, originándose quiebras y salvatajes (estados no deseados del sistema) con alto costo social.

Otra perspectiva que hace aportaciones al concepto de resiliencia, desde un enfoque social que complementa al ecológico, la presentaría Adger (2000), definiendo la resiliencia social como la capacidad de las comunidades para resistir los choques externos a su infraestructura social, política y económica (Adger et al., 2001). Se plantea una relación entre sistemas ecológicos y sociales, estos últimos dependientes de los primeros; tal es así que incluye el concepto de vulnerabilidad social relacionándola con los impactos de los cambios ambientales. Otro de los aspectos relevantes de este aporte es que se plantea que la resiliencia social puede ser examinada a través de indicadores indirectos relacionados con los factores económicos (crecimiento y estabilidad económica, la distribución de los ingresos, el empleo, los índices de criminalidad, etc.) y los cambios demográficos (movilidad y migración) (Adger, 2000), siendo por lo tanto un acercamiento pragmático hacia la cuantificación y cualificación de la resiliencia.

Una perspectiva que cierra esta visión está dada por la afirmación de que la resiliencia nunca es absoluta, que resulta de un proceso dinámico, evolutivo, en que la importancia del trauma puede superar los recursos del sujeto, y que varía de acuerdo a las circunstancias, la naturaleza del trauma, el entorno y la etapa de la vida, es decir, se podría expresar de modos muy diversos según la cultura. En sí, la resiliencia es fruto de la interacción de factores de riesgo y de protección (Manciaux et al., 2003).

Por otro lado, con un enfoque socioecológico, Folke (2002) plantea que la resiliencia proporciona la capacidad de absorber el cambio repentino, hacer frente a la incertidumbre y sorpresas, manteniendo las funciones del sistema; en sí la resiliencia refleja el grado en que un sistema adaptativo complejo es capaz de autoorganizarse. Esta definición desplaza su perspectiva desde el control del cambio en los sistemas socioecológicos para lograr estabilidad y mejorar sus capacidades de aprendizaje y adaptación, respondiendo de una manera que no limite o erosione las oportunidades futuras del mismo. Estas capacidades involucran renovación, reorganización y desarrollo, elementos fundamentales en el concepto de sostenibilidad que se estudiará más adelante (Folke, 2006).

La disminución en la resiliencia de un sistema, como se ha visto, hace que este sea cada vez más sensible (vulnerable) a las fuerzas externas más pequeñas, lo que puede provocar cambios de régimen, que en muchos casos pueden llegar a estados no deseados. Gran parte de estos cambios se dan por la influencia comprobada del ser humano (Folke et al., 2004), por lo que este pasa a ser clave en la gestión de la resiliencia y el cambio adaptativo activo de los sistemas socioecológicos.

La pérdida de resiliencia en un sistema socioecológico, para Folke et al. (2004), se puede dar por tres razones fundamentales: i) eliminación de especies o grupos funcionales de especies en los ecosistemas, ii) emisiones de desechos y/o contaminantes y alteraciones en la magnitud, frecuencia y iii) duración de los regímenes de perturbaciones. Estos efectos combinados o sinergias de estas presiones pueden hacer que los ecosistemas sean más vulnerables y peligrosamente cambien a un estado no deseado, antes de que las perturbaciones puedan ser absorbidas por el sistema.

Partiendo de las particularidades de los enfoques de la psicología, la ingeniería y la ecología, se ha ido construyendo una perspectiva social con visión humana que ha influido en la estructura conceptual de la resiliencia. Holling (1986), utilizando la *hipótesis de Gaia*<sup>32</sup>, proporciona una primera aproximación para examinar la interacción entre los ecosistemas y la sociedad. En la Figura 2.2, se observa su planteamiento, incorporando el aporte de Folke et al. (1996) sobre las capacidades de aprendizaje y adaptación que proporciona la resiliencia a un sistema, donde la complejidad se da en las interacciones. Elementos como flexibilidad, capacidad de aprender, capacidad de organizarse y los activos son considerados cualidades claves en la denominada *resiliencia social* (Cinner, 2009). La resiliencia, vista desde este enfoque, no puede estar ajena a la comprensión de lo que representa la sociedad, que son las instituciones, estructuras, sistemas sociales y culturales, cuyos elementos interactúan evitando el caos (Prieto, 2013). La descripción realizada de la resiliencia social hace que esta pueda ser comprendida como un SAC, por lo que el modelo de panarquía permite comprender sus procesos y evaluar sus elementos críticos, fundamentalmente los relacionados con la destrucción creativa, la transformación y la evolución.

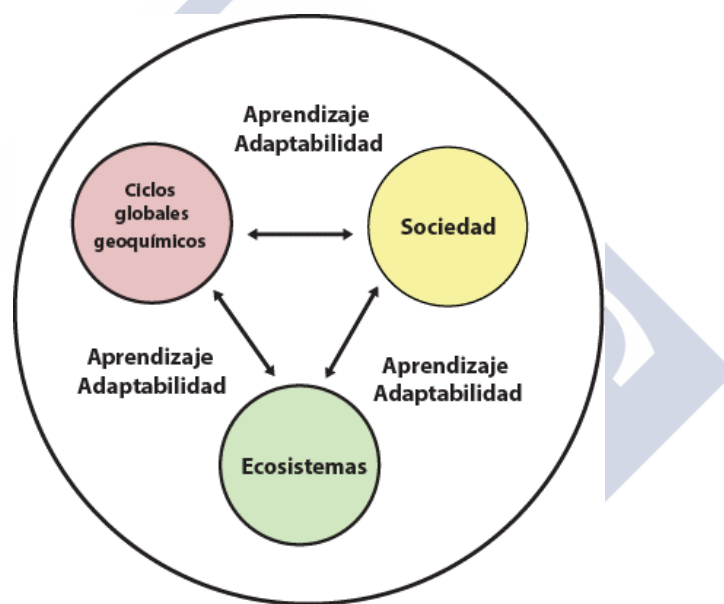


Figura 2.2 Interacción entre ecosistemas y sociedad

Autor: Elaborado a partir de Holling (1986). "The Resilience of Terrestrial Ecosystems: Local surprise and global change."

En la dinámica de la construcción conceptual de la resiliencia se ha evaluado propiedades y características que han permitido una aproximación epistemológica y metodológica con una visión holística que integra lo social, económico y ecológico en

<sup>32</sup> La hipótesis de Gaia es un conjunto de modelos científicos de la biosfera en el cual se postula que la vida fomenta y mantiene unas condiciones adecuadas para sí misma, afectando al entorno; es decir, se autorregula. Según la hipótesis de Gaia, la atmósfera y la parte superficial del planeta Tierra se comportan como un todo coherente donde la vida, su componente característico, se encarga de autorregular sus condiciones esenciales, tales como la temperatura, composición química y salinidad en el caso de los océanos. Gaia se comportaría como un sistema autorregulador (que tiende al equilibrio). La teoría fue ideada por el químico James Lovelock en 1969 (aunque publicada en 1979), siendo apoyada y extendida por la bióloga Lynn Margulis. Lovelock estaba trabajando en ella cuando se lo comentó al escritor William Golding; fue este quien le sugirió que la denominase "Gaia", diosa griega de la Tierra (Gaia, Gea o Gaya).



analogía a la triada del desarrollo sustentable (Nijkamp, 1990). Como corolario de la revisión teórica de la resiliencia se propone la siguiente definición:

*Es la capacidad dinámica de aprendizaje y adaptabilidad de un sistema que se auto-organiza sin cambiar sus funciones esenciales en respuesta al impacto de perturbaciones internas y externas, permitiendo el desarrollo, la innovación y la evolución.*

Con el fin de estudiar la resiliencia, se hará una revisión de los aportes científicos en torno a esta. Los contenidos se organizan a priori en tres grupos: teoría, metodología y estudios empíricos, cada uno de ellos abordado desde diversos enfoques, que toman como base organizativa el concepto de desarrollo sustentable (Dourojeanni, 2000) al considerar los elementos del triángulo de Nijkamp: económico, social y ecológico<sup>33</sup> (Nijkamp, 1990). Se podrá distinguir en los Cuadros 2.1, 2.2 y 2.3 a los principales investigadores que presentan los aportes más relevantes, así como a aquellos que con sus trabajos han ido complementando el conocimiento en torno a la resiliencia. A manera de clasificación, los aportes relevantes consideran elementos y características fundamentales y novedosos en torno a la resiliencia a nivel teórico, metodológico y empírico; mientras que los trabajos complementarios presentan ampliaciones y estudios confirmatorios sobre estos.

En la construcción de la teoría de la resiliencia con enfoque social, se destacan los trabajos que desde la psicología presentan Garmezy (1974) y Rutter (2012), entre otros, encontrando claras aplicaciones en el ser humano como individuo y sociedad; así mismo investigadores como Shaw et al. (2014), que analizan la resiliencia social luego del impacto de una catástrofe natural, para lo cual explican el contexto social de la resiliencia interna y externa desde enfoques positivos y negativos de esta; Cinner et al. (2009), que analizan la resiliencia social, identificando sus elementos más relevantes a través de un estudio empírico; Garmestani et al. (2008), quienes investigarían las discontinuidades en los sistemas dinámicos, hacen importantes avances sobre la inclusión de la resiliencia y panarquía en la estructura social a través de sistemas normativos; otros autores irían complementando sus aportes teóricos desde el enfoque de gestión de la resiliencia en sistemas sociales, ecológicos y urbanísticos (Cuadro 2.1).

El enfoque ecológico en la teoría de la resiliencia ha sido el más desarrollado, como puede constatarse en este trabajo. Este enfoque ha consolidado varios de los elementos conceptuales más relevantes. Holling (1973) es uno de sus precursores y creadores de una escuela dedicada al estudio de la resiliencia en ecosistemas<sup>34</sup>. Junto con él, se destacan los trabajos de Gunderson (2010), dentro de cuyos principales aportes está la concepción del modelo de panarquía que permite comprender la dinámica de los SAC y el comportamiento de la resiliencia. Por otro lado, Peterson et al. (1998) afirman que la resiliencia ecológica es generada por la diversidad y la superposición de funciones, es decir, con especies con funciones aparentemente redundantes que operan a diferentes escalas; esta distribución de la diversidad funcional dentro y a través de las escalas genera ecosistemas resilientes. Esta idea

<sup>33</sup> El triángulo de Nijkamp plantea la interacción de tres ámbitos fundamentales para concebir el desarrollo sustentable, lo económico, lo social y lo ambiental. El ambiental, original de la propuesta de Peter Nijkamp (1990), en este caso ha sido reemplazado por el ecológico.

<sup>34</sup> Posteriormente el trabajo de Holling y su equipo de investigadores ampliaría su perspectiva hacia los sistemas socioecológicos.

sobre la resiliencia ecológica se deriva de la redundancia funcional de escala cruzada (*cross-scale*), lo cual probaron mediante la simulación de una comunidad de organismos en evolución que competían por un conjunto de recursos, donde se identificó que las interacciones de competencia más fuertes se daban entre las especies que tienen funciones similares y que operan a escalas similares.

Se pueden evidenciar investigaciones relacionadas con los componentes y características de la resiliencia, como en el caso de Walker et al. (2004), que estudian la adaptabilidad y transformabilidad en los sistemas socioecológicos; Adger (2006) reforzaría el concepto de resiliencia, esta vez desde el estudio de la vulnerabilidad; Gallopín (2006) presenta los vínculos existentes entre vulnerabilidad, resiliencia y capacidad adaptativa. Folke et al. (2002) exploran conceptos relacionados con los cambios de régimen y emergencia que ayudarían a comprender la naturaleza de la resiliencia, mientras que Allen y Holling (2008) incorporan el estudio de las discontinuidades en los sistemas como origen de la novedad y la capacidad adaptativa; estos autores junto con Angeler et al. (2013) presentan una revisión teórico-metodológica del modelo de panarquía y resiliencia, que valora cualitativamente los avances que en torno a este concepto se han dado, así como las propuestas de medida y su incorporación como política de gestión en los sistemas socioecológicos.

Desde la concepción de teórica de la resiliencia con enfoque económico, es evidente que poco se ha progresado. Las investigaciones giran en torno a la economía regional y su relación con el medio ambiente. Holling (2001) presenta un estudio que analiza las complejas interacciones entre la economía, la ecología y los sistemas sociales sobre la base de las jerarquías y ciclos de adaptación del modelo de panarquía. Reggiani et al. (2001) utilizan el concepto de resiliencia como un nuevo enfoque para estudiar los sistemas económicos espaciales a la luz de la dinámica de la difusión de la innovación tecnológica y la conducta adaptativa de las empresas. Foster (2007), a través de un caso de estudio, revisa cuatro propiedades de la resiliencia para evaluar la capacidad regional: la robustez, la redundancia, el ingenio y la rapidez. Swanstrom (2008), a través de una aplicación empírica, evalúa el uso del concepto de resiliencia regional, llegando a la conclusión de que la gestión regional resiliente no es un proceso o sistema holístico, como sugiere la teoría ecológica, sino que requiere el mantenimiento de las fronteras entre las esferas de la resiliencia tanto a nivel público, como a nivel privado y de las redes cívicas<sup>35</sup>.

Hill et al. (2008) exploran el concepto de resiliencia económica regional y plantean, como punto de partida, cuatro enfoques: equilibrio, *path-dependence*<sup>36</sup>, perspectiva sistémica<sup>37</sup> y perspectiva de largo plazo. Ron Martin (2011) destaca con sus aportes desde

<sup>35</sup> La idea básica es que la diversidad de las partes interesadas puede idear soluciones innovadoras que trascienden los límites de su propio interés. Innovadoras soluciones beneficiosas para todos son posibles si las partes interesadas colaboran. No hay duda de que muchas ideas innovadoras no surgen de diversas redes de la sociedad civil (Swanstrom, 2008).

<sup>36</sup> La idea de la dependencia de la trayectoria (*path-dependence*), o histórico *lock-in*, se basa en la suposición de que una economía regional tiene equilibrios múltiples, no todos eficientes (en un sentido estático y/o dinámico). Como resultado de la toma de decisiones durante un largo tiempo, una economía regional puede encerrarse en una vía de crecimiento o nivel de rendimiento económico no adecuado; se entiende entonces que la resiliencia en la economía regional es la capacidad de la economía regional para evitar ser atrapada en un equilibrio de ese tipo (Hill et al. 2008).

la economía regional al rechazar las posiciones equilibristas de la resiliencia y apoyar una concepción evolutiva del concepto. Bajo esta perspectiva aplica el modelo de panarquía a dos casos donde evalúa su capacidad de adaptación. Ese mismo año incorporará un estudio sobre la reacción de las economías regionales a grandes choques recesivos y combina el concepto de histéresis con la resiliencia. Para el 2012 ampliará la aplicación del concepto de resiliencia través de la idea de *emergencia* como base del surgimiento del proceso evolutivo. Dentro de las publicaciones más recientes destaca Ron Boshma (2014), quien utiliza el concepto para explicar la capacidad de las regiones para reconfigurar sus estructuras socioeconómicas e institucionales y desarrollar nuevas vías de crecimiento.

Cuadro 2.1 Investigaciones relevantes sobre la teoría de la resiliencia

TIPOLOGÍA	ENFOQUE	INVESTIGACIONES RELEVANTES	INVESTIGACIONES COMPLEMENTARIAS
Teoría de la resiliencia	Social	Adger, 2000; Cutter et al., 2008; Cinner et al., 2009; Garmestani et al., 2008; Garnezy, 1974; Morrow, 2008; Prieto, 2013; Rutter, 1993, 2007; Shaw et al., 2014	Benson y Garmestani, 2011; Constantino y Dávila, 2011*; Brunckhorst, 2002*; Dick et al., 2011; Ebbesson y Hey, 2013; Escalera y Ruiz-Ballesteros, 2011; Garmestani et al., 2008; Garmestani y Benson, 2013; Gelcich et al., 2006; Gibbs, 2009; Gotts, 2007*; Kuecker y Hall, 2011; Marshall, 2010; Olwig, 2012; Piñeiro y Romero, 2011; Rist y Moen, 2013; Rutter, 2006; Rutter, 2012; Sapirstein, 2008; Smit y Wandel, 2006*; Skerratt, 2013; Vogel et al., 2007; Walters y Holling, 1990*;
	Ecológico	Adger, 2006; Allen y Holling, 2008; Allen et al., 2014*; Folke et al., 2004; Gallopín, 2006; Garmestani et al., 2009; Gunderson y Holling, 2002; Gunderson, 2010*; Holling, 1973; Holling, 1992; Peterson et al., 1998; Walker, 1995*.	Folke, 2002*; Folke et al., 2002; Folke, 2006*; Jansson, 2013**; Holling, 1986; Levin, 1998; Linnenluecke y Griffiths, 2010; Petrosillo et al., 2010; Turner II, 2010; Turner et al., 2003; Walker et al., 2004*; Zaccarelli et al., 2008*.
	Económico	Arrow et al., 1995; Boschma, 2014; Foster, 2007; Hill et al., 2008; Holling, 2001*; Martin, 2010, 2012; Martin y Sunley, 2013; Simmie y Martin, 2010; Swannstrom, 2008.	Aiginger, 2009; Christopherson et al., 2010; Crespo et al., 2013; Derissen et al., 2011; García et al., 2011; Hill et al., 2008; Perrings, 2006**; Piñeiro y Romero, 2011; Sotarauta y Srinivas, 2006; Villasante, 2011*.

*Nota:* \* También incorpora un enfoque social, \*\* También incorpora un enfoque económico.

*Fuente:* Elaboración a partir de las investigaciones de los autores citados.

A nivel metodológico (Cuadro 2.2). la resiliencia se abre campo a través de una diversidad de técnicas tanto cualitativas como cuantitativas, la mayoría de ellas entono al concepto de panarquía (Allen et al., 2014) y los SAC. Desde el enfoque social se puede destacar el trabajo que, desde el ámbito de la psicología, presenta Salgado (2005), donde describe tres tipos de medición con sus respectivos instrumentos: medición de la adversidad, medición de la adaptación positiva y medición del proceso de la resiliencia. Especial atención merecen las aplicaciones de *Coonor-Davison Resilience Scale* (1999) y *The Resilience Scale for Adults (RSA)* (2001). Downey (2010) hace uso del análisis de la redes sociales como

<sup>37</sup> Los conceptos anteriores de resistencia económica regional se centran en una sola medida de desempeño económico o por una medida a la vez. Por el contrario, a largo plazo, la perspectiva sistémica hace hincapié en la estructura de las relaciones entre las variables macroeconómicas, que persiste durante un largo período de tiempo, y en las instituciones económicas, políticas y sociales que condicionan la estructura (Hill et al. 2008).

metodología que le lleva a concluir, respecto de un estudio en cinco localidades suecas, que los cambios en los patrones de uso del suelo, estructura de la red agrícola, las tasas de reciprocidad y los niveles de la jerarquía de la red pueden incrementar la resiliencia de estos pueblos frente a los efectos negativos generados por la explotación agrícola.

Strickland-Munro et al. (2010) plantean lineamientos metodológicos generales, basados en el concepto de resiliencia para investigar los impactos que genera el turismo en comunidades y áreas protegidas. Ospina (2007) hace una importante revisión de técnicas para la medición de la resiliencia en individuos, agrupándolas en tres tipos: proyectivas, psicométricas y de imaginología. En 2011, Koko Warner, basado en el proyecto *EACH-FOR*, explica la metodología utilizada en el diseño y ejecución de la primera encuesta mundial sobre cambio ambiental y la migración (Adger, 2006; Gunderson y Holling, 2002). Especial atención merece, para este trabajo, el estudio presentado por Orencio y Fuji (2013) que, utilizando la metodología de análisis jerárquico multicriterio, busca construir un índice que pueda cuantificar la resiliencia y aportar a la gestión de desastres en Filipinas. Una de las más recientes contribuciones metodológicas a la valoración de la resiliencia social la presentarían Maldonado y Moreno (2014), quienes proponen una metodología práctica para estimar la capacidad adaptativa de las comunidades frente al establecimiento de áreas marinas protegidas. No son solo los investigadores mencionados los que presentan propuestas metodológicas para el estudio de la resiliencia con enfoque social, sino que existen otros aportes que también pueden ser considerados y que se pueden identificar en el Cuadro 2.2.

Las metodologías propuestas desde el enfoque ecológico, con un carácter más cuantitativo, se enmarcan dentro del modelo de panarquía e involucran elementos como el análisis de escalas, niveles y discontinuidades en los sistemas ecológicos. Por ejemplo, Allen et al. (2005), para evaluar la resiliencia relativa en los sistemas complejos, consideran analizar las funciones de este y no sus elementos, determinan las discontinuidades que presenta y cuantifican la distribución de funciones en relación con dichas discontinuidades. Szabó y Meszéna (2006) presentan un modelo espacial de utilización de los recursos que simula la dinámica de poblaciones de especies competidoras que consumen el mismo recurso, pero difieren en sus escalas de percepción y capacidad competitiva. Tyrrell y Johnston (2008) utilizan un modelo básico, pero formal, para medir la sustentabilidad del turismo tomando en consideración el concepto dinámico de resiliencia; es un aporte de corte determinista que trata de simplificar la realidad compleja para explicar de manera cuantitativa el fenómeno turístico y los impactos que este genera sobre el medio ambiente. Tejada et al. (2009) presentan los resultados de una investigación empírica que gira en torno al desarrollo de indicadores espaciales para el estudio de la artificialización<sup>38</sup> y la resiliencia, haciendo uso de sistemas de información geográfica que permiten hacer comparaciones gráficas en secuencias temporales en los territorios evaluados.

Gran parte de los acercamientos metodológicos entre 2010 y 2013, para tratar la resiliencia con enfoque ecológico, la realizan Angeler et al. (2011), quienes plantean, con un evidente enfoque cuantitativo, el uso de modelos basados en series de tiempo y

<sup>38</sup> Tejada et al. (2009) consideran la artificialización como los procesos de alteración que hacen perder la identidad natural a una determinada zona geográfica; estas alteraciones están relacionadas en las mayoría de los casos con intensos desarrollos urbanísticos.

análisis multivariante. Buscan medir la resiliencia a través de la identificación y tratamiento de las discontinuidades y la redundancia en los sistemas. Como se puede constatar, las metodologías de enfoque ecológico en su mayoría son de corte longitudinal, debido a la relativa facilidad que tienen para la obtención de información de largos periodos de tiempo, en comparación con los enfoques sociales, donde los estudios se caracterizan por utilizar metodologías de corte transversal.

Los desarrollos metodológicos que tratan la resiliencia económica son limitados y en su gran mayoría se han concentrado en torno a la economía regional. Rose y Liao (2005) plantean una de las primeras propuestas con la aplicación del Modelo de Equilibrio General Computable para el análisis del impacto de desastres. Este es capaz de modelar la respuesta conductual a la escasez de insumos y el cambio de las condiciones del mercado. El estudio hace especial referencia a los efectos que sufriría la población cuando sus “líneas de vida” son interrumpidas. Briguglio et al. (2008), con una visión macroeconómica, proponen un índice de resiliencia económica que abarca cuatro aspectos: la estabilidad macroeconómica, la eficiencia del mercado microeconómico, el buen gobierno y el desarrollo social. Cada uno de estos componentes contiene variables que se consideran adecuadas para medir el grado en que el marco político es propicio para absorber y neutralizar los efectos de las crisis económicas. García et al. (2011) analizan el crecimiento de un sistema regional urbano a través del tiempo, consideran la dinámica compleja de las relaciones económicas que se dan en una ciudad y cómo estas influyen en su tamaño, se analiza la manera en que el tamaño de las ciudades evoluciona con el tiempo mediante la estimación de las *probabilidades de transición* o de *Markov*.

Como se puede observar en estas tres propuestas metodológicas, la modelación se presenta como una necesidad para explicar el fenómeno económico, lo que obliga a olvidar variables de carácter social (“complejas” de abordar), que, sin lugar a dudas, influyen en todo sistema económico, cayendo así nuevamente en la simplificación del determinismo metodológico.

Cuadro 2.2 Investigaciones relevantes sobre metodologías aplicadas al estudio de la resiliencia

TIPOLOGÍA	ENFOQUE	INVESTIGACIONES RELEVANTES	INVESTIGACIONES COMPLEMENTARIAS
<b>Desarrollo metodológico sobre resiliencia</b>	Social	Downey, 2010; Maldonado y Moreno, 2014; Ospina, 2007; Orenco y Fujii, 2013*; Salgado, 2005; Strickland-Munro et al., 2010; Warner, 2011*.	Afgan et al., 2011; Buckle et al., 2000; Bruneau et al., 2003; Chiang et al., 2014; Ruiz-Ballesteros, 2011; Walker et al., 2002*.
	Ecológico	Angeler et al., 2011*; Angeler et al., 2012; Angeler et al., 2013; Szabó y Meszéna, 2006; Tejada et al., 2009; Tyrrell y Johnston, 2008*.	Allen et al., 2005; Angeler et al., 2010; Carpenter et al., 2001; Forys y Allen, 2002; Eason et al., 2013; Uy et al., 2011*; Wang, et al., 2012*.
	Económico	García et al., 2011; Eason, et al., 2013; Rose y Liao, 2005.	Biggs, 2011

Nota: \* También incorpora un enfoque social, \*\* También incorpora un enfoque económico

Fuente: Elaboración a partir de los autores citados.

Dados los primeros pasos dentro de la estructura teórica y metodológica de la resiliencia, era necesario hacer comprobaciones empíricas de lo que hasta ese momento se había propuesto. Este tipo de estudios inicialmente se redujeron a utilizar la metáfora de la



panarquía para explicar ciertos fenómenos que se daban en el interior de los sistemas, específicamente los de naturaleza compleja (Carpenter et al., 2001). Iniciando con las aplicaciones empíricas de corte social (Cuadro 2.3), por ejemplo, se tiene el trabajo desarrollado por Fraser (2003), quien contribuye al debate académico haciendo un análisis histórico de la hambruna que asolaría Irlanda entre 1845 y 1850 y que generaría un grave impacto social y económico. El eje central del problema, para el autor, está en la estructura del agroecosistema; ilustra cómo el cambio ambiental puede dar lugar a la vulnerabilidad de las poblaciones y cómo las teorías contemporáneas (panarquía) pueden ayudar a comprender estas situaciones. Foster (2007) presenta un estudio de caso en Buffalo-Niagara (USA) con el objetivo de explicar la resiliencia, tomando como base las características identificadas por Bruneau y Reinhorn (2004): robustez, redundancia, ingenio y rapidez. Beier et al. (2009) realizan un estudio de las capacidades de gestión del gobierno en la determinación de políticas para el Bosque Nacional de Tongass en el sureste de Alaska; para ello se toman en cuenta los ciclos de adaptación en torno al modelo *cross-scale* de panarquía.

Otro de los casos de estudio que es de interés para esta investigación es el presentado por Downey (2010), quien estudia el impacto que está sufriendo la agricultura debido al crecimiento demográfico. Para ello hace uso de la teoría de redes sociales como punto de partida para el análisis de las redes de intercambio de trabajo en cinco poblaciones suecas. Los resultados sugieren que los cambios en los patrones de uso de suelo, la estructura de la red, las tasas de reciprocidad y los niveles de jerarquía de la red pueden aumentar los niveles de resiliencia de estas poblaciones. Uno de los casos que llaman la atención, por la aplicación de técnicas cualitativas para el estudio de la resiliencia socioecológica, es el trabajo presentado por Ruiz-Ballesteros (2011) para la población de Agua Blanca en Ecuador, un estudio etnográfico que evalúa las estrategias de desarrollo del turismo comunitario como promotoras de la resiliencia socioecológica.

Aplicaciones empíricas de enfoque ecológico son variadas en la literatura científica. La mayoría han sido desarrolladas en torno a la construcción del concepto de resiliencia (Cuadro 2.1, sobre investigaciones relevantes sobre la teoría de la resiliencia). Destacan, por ejemplo, los trabajos de Gunderson y Holling (2002) en su obra *Panarchy: Understanding transformations in human and natural systems*, que justifican el modelo heurístico de la resiliencia al abordar diferentes estudios de caso. El más representativo es el que describe los ciclos de renovación en los humedales Everglades en el estado de la Florida (USA). Otro ejemplo multicaso importante es el presentado por Leuteritz y Ekbja (2008), donde se examinan las diferencias en tres regiones<sup>39</sup> bajo el paraguas conceptual de la resiliencia.

Las aplicaciones empíricas de enfoque económico son también reducidas, haciéndose eco del incipiente trabajo teórico y metodológico en torno a este tema. Es para esta investigación importante rescatar el trabajo de Lane et al. (2003), quienes realizan un primer acercamiento a Baños de Agua Santa (Ecuador), en su realidad incierta y catastrófica luego de que en 1999 el volcán Tungurahua iniciara su proceso eruptivo que ha permanecido activo durante los últimos quince años, una población que, a pesar del inminente riesgo que significa estar asentada en sus faldas, ha demostrado una alta

<sup>39</sup> Las tres regiones son el Bosque espinoso de Madagascar, el Karoo de Sudáfrica y el desierto de Mojave de los Estados Unidos.

resiliencia frente a la catástrofe. Es un ejemplo de destrucción creativa que justifica un estudio empírico de mayor profundidad que permita comprender qué variables estuvieron presentes en la dinámica de la resiliencia y por qué los sistemas socioecológicos de Baños de Agua Santa tuvieron la capacidad de adaptarse a las nuevas condiciones, sin que colapsasen luego de haber sufrido impactos sociales y naturales extremos. Este primer acercamiento empírico identifica la reacción de la población frente a la falta de medios de vida como uno de los detonantes; sin embargo, no presenta evidencia de rigor científico que sustente esta afirmación. Otra evidencia empírica importante se encuentra en Rotterdam (Holanda), donde Lu y Stead (2013) aplican el concepto de resiliencia a la planificación espacial urbana. Se presenta especial atención a las consecuencias del cambio climático y cómo este ha influenciado en la toma de decisiones respecto a la planificación de la ciudad.

Se puede concluir que la teoría, metodología y aplicaciones empíricas de la resiliencia están en desarrollo, debido a que sus conceptos fundamentales todavía no cuentan con unanimidad de criterios en el mundo científico; sin embargo, se puede aprovechar la riqueza de la literatura generada para encontrar consensos y establecer métodos coherentes para su tratamiento.

Cuadro 2.3 Investigaciones relevantes sobre aplicaciones empíricas del concepto de resiliencia

TIPOLOGÍA	ENFOQUE	INVESTIGACIONES RELEVANTES	INVESTIGACIONES COMPLEMENTARIAS
Aplicaciones empíricas	Social	Beier, et al., 2009; Downey, 2010; Foster, 2007; Fraster, 2003; Ruiz-Ballesteros, 2011.	Carreiro y Zipperer, 2011*; Gómez-Baggethun et al., 2012; Murphy, 2007; Mhango y Dick, 2011*; Scheffran et al., 2012; Rumbach y Foley, 2014.
	Ecológico	Gunderson y Holling, 2002; Leuteritz y Ekbja, 2008.	Evans G., 2008*; Forbes et al, 2009*.
	Económico	Foster, 2007; Lane, 2003*; Lu y Stead, 2013.	Biggs, 2011; Fraster y Stringer, 2009.

Nota: \* También incorpora un enfoque social, \*\* También incorpora un enfoque económico

Fuente: Elaboración a partir de los autores citados.

## 2.3 CAPACIDADES DE LOS SAC Y LA RESILIENCIA

En torno al desarrollo teórico y empírico que se posee, se puede identificar una serie de elementos que son parte esencial del concepto de resiliencia, que la caracterizan, y que, por lo tanto, permiten diferenciar a sistemas resilientes de otros que no lo son. Sin establecer aún una jerarquía o peso ponderado ni sus relaciones de dependencia, a manera de una primera aproximación, se los entenderá como *factores determinantes*. El trabajo de Lu y Stead (2013) sobre la resiliencia en la planificación del espacio territorial hace una importante abstracción de las características (propiedades) relacionadas con ella; sin embargo, estas características no están sistematizadas y las definiciones están dispersas en varios trabajos de investigación, que parten desde el mismo Holling en 1973. Por lo que, considerando esta realidad, así como la importancia que ha sido otorgada por investigadores de corte teórico fundamentalmente (Cuadro 2.1), se han definido como factores determinantes los siguientes:



- Vulnerabilidad (Adger, 2006; Luerst et al., 2003).
- Adaptabilidad (Walker et al., 2004).
- Capacidad de transformación (Walker et al., 2004).
- Capacidad de aprendizaje (Carpenter et al., 2001; Folke et al., 2002).
- Solidez (Kitano, 2004).
- Redundancia (Angeler et al., 2013; Peterson et al., 1998; Walker, 1995).
- Flexibilidad (Gunderson, 2001; Walker, 1995).
- Diversidad (Holling, 1973; Levin, 1998; Peterson et al., 1998; Walker, 1995).

A partir de estos elementos teóricos, se pueden definir cuatro capacidades fundamentales que presentan los sistemas adaptativos complejos y que son inherentes a la resiliencia. Así: la capacidad de aprendizaje; la capacidad de autoorganización, la capacidad de adaptabilidad y la capacidad de transformación. Por otro lado, se pueden identificar otras cuatro propiedades de la resiliencia que son evidentes en un sistema adaptativo complejo. Estas son: la redundancia, la diversidad, la modularidad y la apertura. Particular tratamiento como elemento crítico del estudio de la resiliencia lo tiene la vulnerabilidad.

### **2.3.1 Capacidad de aprendizaje**

La explicación de la relación se encuentra en Gunderson (2000) cuando, partiendo de la capacidad de adaptación como componente de la resiliencia, dice que esta refleja la capacidad de aprendizaje del sistema en respuesta a las perturbaciones. Todo sistema donde intervienen los seres humanos incorpora el aprendizaje como una de sus principales características, que, entre otras cosas, ayuda al establecimiento de una serie de posibles hipótesis sobre los cambios que pueden darse e incorpora las posibles estrategias contra este amplio conjunto de futuros (Gunderson, 2000). El mismo autor hace hincapié en que los sistemas deben ser flexibles, lo que es complementado por Folke, et al. (2004) cuando expresan que la gestión orientada a la construcción de la resiliencia debe ser flexible y estar abierta al aprendizaje.

Si bien la resiliencia se afina sobre los sistemas ecológicos, donde se ha generado una base teórica importante, es la inclusión del enfoque socioecológico el que está incorporando, entre otros, la comprensión de los procesos sociales de aprendizaje y memoria (Folke, 2006). Dentro de este contexto, el aprendizaje social se define como la diversidad de adaptaciones y el fomento de la cohesión social local y los mecanismos de acción colectiva (Adger et al., 2005). Este tipo de aprendizaje ocurre cuando las acciones improvisadas que generan un beneficio para la colectividad son formalizadas a través de su incorporación dentro de la política institucional para el manejo de eventos futuros, evitando así que se diluyan en el tiempo debido al corto plazo de memoria individual (Cutter et al., 2008). Otro proceso importante que respalda el aprendizaje es la memoria social, que se superpone a los límites de la psicología individual y los procesos neurofisiológicos humanos. Desde esta perspectiva, la memoria social involucra problemas económicos y morales, así como cuestionamientos acerca de la propia existencia social, ya que su organización y estructuras de poder tienen un lazo con el significado del presente en el pasado.

...la memoria emerge como una práctica política que se da en el marco de la producción social de la memoria. La memoria es creada y recreada mediante complejos procesos de negociación entre los grupos sociales y diversas versiones o construcciones del pasado compiten entre sí (Pasol, 2014:301).

Mientras que el aprendizaje social construye conocimiento, la memoria social lo acumula y lo somete a un proceso crítico de construcción colectiva que evoluciona y lo enriquece a través del tiempo. Esta concepción justifica la relación de estos dos procesos en la conformación de la identidad del grupo social (Olick, 1998), donde la resiliencia es uno de sus componentes.

En relación al modelo de panarquía, se identifican tres tipos de cambios, cada uno de los cuales puede generar un tipo diferente de aprendizaje: i) crecimiento ( $r$  a  $K$ ), donde disminuye la resiliencia; b) inestabilidad ( $\Omega$  a  $\alpha$ ), donde crece la resiliencia; y c) la transformación ( $\alpha$  a  $r$ ), donde los niveles de resiliencia se consolidan (Gibbs, 2009; Holling, 2001). Por otra parte, Gunderson (2009) indica que el aprendizaje social tiende a desarrollarse a partir de los desastres de origen natural y el fracaso de las políticas existentes, es decir, cuando se han superado los umbrales de la resiliencia, agrupándolos en dos tipos: aprendizaje episódico y aprendizaje transformacional. El primero consiste en la creación de nuevas políticas o enfoques para resolver los problemas generados por el evento ecológico, mientras que el segundo se caracteriza por desarrollar aprendizajes en varios niveles de los ciclos presentes en el modelo de panarquía, permitiendo una transición ordenada del sistema cuando este ha sido afectado por un impacto externo.

Se han identificado casos de estudios relevantes (Adger et al., 2005; Berkes y Seixas, 2005; Bruneau et al., 2003; Cutter et al., 2010; Ruiz-Ballesteros, 2011; Sherrieb et al., 2010) que describen cómo las comunidades aprendieron de los desastres y desarrollaron una capacidad de retroalimentación rápida (resiliencia comunitaria) para responder a los cambios ambientales. Además, aprendieron a gestionar estos impactos y paralelamente construyeron una cartera de actividades para promover nuevos medios de vida. La capacidad de aprendizaje se desarrollará por la acumulación de conocimiento (capital social) dado en la etapa de  $r$  a  $K$ , que soporta el proceso de destrucción creativa en la fase  $\Omega$  a  $\alpha$ , donde la memoria social cumple con suministrar la información que da paso a dos escenarios: el cambio adaptativo o el colapso del sistema.

### **2.3.2 La capacidad de auto-organizarse**

La autoorganización de los sistemas promueve el desarrollo de la resiliencia según el modelo de panarquía (Gunderson y Holling, 2002). De acuerdo al principio de organización de Ashby (1957), un sistema dinámico tiene la tendencia a evolucionar hacia un estado de equilibrio reduciendo la incertidumbre y por consiguiente su entropía estadística, lo que es equivalente a la autoorganización. El equilibrio puede ser interpretado como la adaptación de las diferentes partes del sistema (Heylighen, 2001).

En un sistema organizado se concibe la idea de un agente de control que promueve y guía la organización del sistema, que en el caso de una comunidad puede ser el líder, el presidente,

el gerente, el director ejecutivo, etc. En los sistemas en autoorganización, la función de control se distribuye uniformemente entre todos sus elementos, Para Heylighen (2001), en la práctica, los elementos aparecerán con varias formas de alineación que competirán entre sí, imponiéndose aquella que haya tenido un mayor crecimiento; se produce entonces una configuración con altos niveles de resiliencia que, al estructurarse para cumplir una determinada función en particular, configura la organización.

La auto-organización es básicamente la creación espontánea de un patrón global coherente a partir de interacciones locales entre los componentes inicialmente independientes. (Heylighen, 2001:260).

Un aspecto importante es que los sistemas, para autoorganizarse, requieren de cierta aleatoriedad de perturbaciones que les permitan cruzar el umbral de la resiliencia (fase  $k$  a  $\Omega$  en el modelo de panarquía) (Allen et al., 2014), para luego construir configuraciones, de entre las cuales se fortalecerá una que desatará la novedad, la evolución adaptativa y la organización del sistema (Heylighen, 2001), siempre manejando un grado de incertidumbre, ya que existe la posibilidad de que la nueva organización se transforme en un sistema no deseado.

Ampliando los postulados de Allen et al. (2014), Ashby (1957) y Heylighen (2001), se puede construir la idea de autoorganización en los sistemas sociales y económicos, precisamente los que interactúan en torno a un territorio y que, como consecuencia del efecto dinámico de perturbaciones aleatorias (endógenas o exógenas), promueven configuraciones ordenadas de sus elementos que permiten la innovación y la evolución adaptativa. La resiliencia es el catalizador que permite la adaptación y controla que el sistema no cambie sus funciones esenciales. Dentro de este contexto, el territorio no es un soporte pasivo de la localización, sino que es un *milieu* que promueve la innovación y la creatividad (Maillat, 1995).

Sobre la base conceptual de la lógica territorial de *milieu*, se abre la posibilidad de que, frente al impacto generado por perturbaciones endógenas o exógenas a una comunidad (sistema), las dinámicas territoriales específicas basadas en la habilidad para estimular iniciativas locales promuevan la innovación y la generación de nuevas empresas. Estas empresas son capaces de desarrollar redes de cooperación e intercambio en el interior del territorio, lo que les permite beneficiarse de externalidades y recursos específicos (Maillat, 1995); es decir, los elementos del sistema económico y social del territorio se autoorganizan incrementando su resiliencia para lograr un beneficio común. Este concepto es también coherente con la estructura de jerarquías establecida por el modelo de panarquía, donde se comprende que los sistemas económicos locales (ciudad) no son exclusivamente dependientes de sistemas locales mayores (estado), sino que tienen una relación de interdependencia.

El concepto de *milieu* está acorde con las fases  $k$  a  $\Omega$  de un sistema donde se gesta la destrucción creativa debido al bajo nivel de resiliencia y alta vulnerabilidad estructural. En secuencia, la fase  $\Omega$  a  $\alpha$ , que da paso a la innovación y al incremento de la resiliencia

en un sistema adaptativo, es el espacio para el *milieu innovador*<sup>40</sup>, donde se gesta la evolución y el desarrollo y los recursos del territorio se organizan y relacionan a través de estructuras sociales, económicas y técnicas, permitiendo nuevas combinaciones productivas (Maillat, 1995). La incorporación del concepto de *milieu* en la autoorganización de sistemas sociales y económicos puede explicar cómo las capacidades endógenas del territorio permiten la innovación, el desarrollo y la evolución, bajo la dinámica de la resiliencia.

### 2.3.3 La adaptabilidad

Antes de definir esta capacidad, es importante establecer la diferencia que existe entre adaptación y adaptabilidad, ilustrada de la siguiente manera. Un sistema que se adapta a su entorno es eficiente; sin embargo, como se ajusta perfectamente, no da espacio para responder a perturbaciones no previstas. Es decir, cuanto más adaptado menos margen de maniobra le queda. Por el contrario, si se habla de adaptabilidad, se estará refiriendo a la reproducción dinámica de holgura, la misma que permite la acomodación del sistema luego de asimilar el impacto de las perturbaciones (Grabher y Stark, 1997; Stark, 2014).

La adaptabilidad es una de las características fundamentales de los sistemas adaptativos complejos y se encuentra estrechamente relacionada con la resiliencia (Smit & Wandel, 2006). Está determinada por cantidades absolutas y relativas de capital -social, económico, humano, natural, físico y tecnológico-, así como de los sistemas de gobierno e instituciones (Walker et al., 2006). Considerando lo expuesto por Gallopín (2006), la adaptabilidad implica dos componentes distintos: i) la capacidad del sistema socioecológico para hacer frente a contingencias ambientales con el fin poder mantener o incluso mejorar su condición ante los cambios en su entorno, y ii) la capacidad de mejorar su condición en relación con su entorno, incluso si este último no cambia, o de ampliar la gama de entornos a los que está adaptado.

Es importante tomar en consideración que la adaptabilidad es específica y dependerá del contexto, cambiará dependiendo el país, la región, la comunidad, el grupo social y los individuos. Esto hará que cambie no solo en términos de su valor, sino también en función de su naturaleza (Martin y Sunley, 2013; Smit y Wandel, 2006). Por ejemplo, la capacidad de los hogares para hacer frente a los riesgos de una erupción volcánica dependerá en cierta medida del entorno favorable de la comunidad, además de los recursos y las políticas de gestión establecidas para la región. Es importante destacar la característica dinámica que tiene la adaptabilidad, donde se admiten rangos de tolerancia que son flexibles, ya que responden a los cambios en las condiciones económicas, sociales, políticas e institucionales a través del tiempo (Folke, 2002; Smit y Wandel, 2006).

En el modelo de panarquía, la adaptabilidad es posterior a la destrucción creativa (paso de  $k$  a  $\Omega$ ) y se sustenta en el mantenimiento de las funciones básicas del sistema (característica fundamental de la resiliencia), que se mantendrán gracias a propiedades como la redundancia, la diversidad, la modularidad y la apertura. La adaptabilidad es el resultado final de la sucesión de etapas de mantenimiento ( $r$  a  $K$ ) y transiciones de destrucción creativa ( $K$  a  $\Omega$ ) con etapas de evolución ( $\Omega$  a  $\alpha$ ) y transición de construcción estabilizadora ( $\alpha$  a  $r$ ) (Corrons, 2015), que hacen que un sistema sea flexible para funcionar en diferentes escenarios.

<sup>40</sup> Maillat (1995) deriva del concepto de *milieu* el concepto de *milieu innovador*, que está más centrado en los procesos de innovación, y no simplemente en la organización de la gestión eficaz de los recursos de producción. El *milieu innovador* es la organización territorial donde se originan los procesos innovadores.

### 2.3.4 Capacidad de transformación

Walker et al. (2004) consideran que es necesario contar con otros elementos de análisis para el desarrollo sostenible, que no sean los ya determinados por las prestigiosas academias<sup>41</sup> de ciencias a nivel mundial. Incorporan al debate científico tres atributos complementarios: resiliencia, adaptabilidad y la capacidad de transformación. En cuanto a esta última, utilizan la siguiente definición: “es la capacidad para crear un nuevo sistema cuando las condiciones ecológicas, económicas o sociales (incluidos políticas) hacen que este sea insostenible” (Walker et al., 2004:5). En términos de panarquía, la transformación se da en el punto inmediatamente posterior a la destrucción creativa, en el paso de  $\Omega$  a  $\alpha$  de dicho modelo. En este caso, el sistema cambia las funciones esenciales que le caracterizaban originalmente, por lo que la capacidad de transformación es vista como una opción que buscará definir y crear nuevos paisajes de estabilidad más favorables -por ejemplo, mediante la introducción de nuevos componentes y formas de ganarse la vida-, cambiando así las variables funcionales sociales y económicas y a menudo la escala que define al sistema en su estado inicial (Walker et al., 2004). Tomando como referencia lo expuesto por Berkes y Folke (1998), las perturbaciones de pequeña escala en los niveles inferiores de un sistema permiten mantener lejos perturbaciones a gran escala de niveles superiores, los cambios transformacionales en determinadas comunidades pueden ayudar a un territorio a incrementar sus medios de vida y por consiguiente su resiliencia. Un ejemplo que puede evidenciar esto es cuando una comunidad pasa de mantener una economía pesquera a otra con enfoque turístico (Berkes y Ross, 2013).

La relación entre transformación y resiliencia se da cuando los umbrales de la última han sido superados por la dinámica de las perturbaciones aleatorias dando como resultado un nuevo sistema con funciones esenciales diferentes. Ahora puede ocurrir que la capacidad de transformación se vea restringida por una resiliencia perversa que vuelve extremadamente rígido al sistema. Esto puede ser causado por el exceso de control y la prolongada estabilidad del medio en el que este opera. Esta rigidez evita que las perturbaciones puedan desencadenar la innovación o transformación que se inicia con la destrucción creativa dentro de la fase K a  $\Omega$  y continúa con la fase  $\Omega$  a  $\alpha$  en el modelo de panarquía, lo que dará como resultado un sistema extremadamente vulnerable con altas probabilidades de ocurrencia de un desastre<sup>42</sup>. La rigidez se producirá cuando las perturbaciones hayan superado los umbrales de la resiliencia y el sistema aún se mantenga estable, limitando el espacio para el cambio o la innovación.

Frente a los impactos negativos de un *shock*, la economía puede transformarse de dos maneras: bien demostrando resiliencia y adaptabilidad, o bien demostrando rigidez y adaptación. En el primer caso, la estructura económica evoluciona o cambia a la vez que se flexibiliza para permitir el intercambio de bienes y servicios bajo las nuevas condiciones del mercado; el sistema social mejora, o al menos se mantiene en un estado de pre-*shock*. En el segundo caso, la estructura económica se mantiene y los efectos

<sup>41</sup> Se hace una referencia específica a la *Consortium for Sustainable Development* de la *International Council for Science*, la *Initiative on Science and Technology for Sustainability*, y la *Third World Academy of Science*, de la *US National Research Council* (1999, 2002), y la *Millennium Ecosystem Assessment* (2003) (Walker et al., 2004).

<sup>42</sup> Entiéndase el término *desastre* como una desgracia grande, suceso infeliz y lamentable que puede ser generado por la naturaleza o el hombre y que afecta de manera negativa a los sistemas socioecológicos.



negativos del *shock* son trasladados a la sociedad, lo que implica traumas que pueden desencadenar un colapso social.

## 2.4 PROPIEDADES DE LA RESILIENCIA

### 2.4.1 Redundancia

Esta propiedad se entiende como la cuantificación de la existencia de elementos, sistemas u otras unidades de análisis que son sustituibles entre sí, siendo capaces de satisfacer los requisitos funcionales en caso de interrupción, degradación o pérdida de funcionalidad (Bruneau et al., 2003), comprendiéndose así que un sistema socioecológico será más resiliente mientras exista mayor diversidad de funciones dentro de sus escalas y redundancia a través de ellas (Peterson et al., 1998). Bellwood et al. (2004) hacen una importante acotación al indicar que la resiliencia no es solo dependiente de la diversidad funcional de un sistema, sino que también depende de la diversidad de respuesta dentro de los grupos funcionales. Bajo esta consideración, establecen que la diferencia entre la redundancia funcional y la diversidad de respuesta está en que la primera será ineficaz si todos los elementos del mismo grupo funcional interactúan de la misma manera. El valor de alta riqueza funcional y la redundancia se pierde si las especies redundantes no responden de manera diferente a las perturbaciones. Las múltiples pero distintas escalas de autoorganización y la distribución de funciones dentro y a través de las escalas, crean sistemas elásticos (Peterson et al., 1998); por lo tanto, la resiliencia de un sistema depende de las interacciones entre la estructura y la dinámica en múltiples escalas (Benson & Garmestani, 2011).

### 2.4.2 Diversidad

Para comprender esta propiedad se parte desde la diversidad biológica entendida como mezcla de especies (Folke et al., 1996). Esta definición tiene una importante ampliación con Wilson (1992), que incluye la variedad de ecosistemas que comprenden comunidades de organismos, hábitats y condiciones físicas donde viven.

En torno a la resiliencia, Walker y Salt (2012) identifican dos tipos de diversidad, una funcional y otra de respuesta. La primera hace referencia a grupos funcionales de organismos o personas representados en un sistema, sea este ecológico, social o económico -por ejemplo, grupos de médicos que proveen servicios de salud, profesores que proveen servicios educativos, abogados que proveen servicios legales, etc.-, cada uno con una gama de especializaciones -así, por ejemplo, médicos especializados en pediatría, neurología y medicina interna-, cada uno de ellos con diferentes capacidades para responder (diversidad de respuesta) a potenciales perturbaciones en su función principal -los servicios de salud-. La pérdida de diversidad a consecuencia de incrementar la “eficiencia” de un sistema disminuye la capacidad de respuesta frente a eventos inesperados, haciéndolos más vulnerables y menos resilientes.

Berkes y Seixas (2005) plantean que la diversidad debe ser enriquecida para permitir los procesos de reorganización y renovación en los sistemas socioecológicos. Para ello sugieren: i) fomentar la memoria ecológica<sup>43</sup>, ii) enriquecer la diversidad en las instituciones para que

<sup>43</sup> La memoria ecológica es entendida como la gestión de los recursos considerando su comportamiento histórico, a fin de no causar estragos en los ecosistemas (Berkes y Seixas, 2005).

sean capaces de responder a los cambios, iii) promover la gobernanza, iv) crear espacios políticos para discusión y experimentación, v) crear confianza y utilizar la memoria social como fuente de innovación, combinando el conocimiento local y el científico. En sí, la diversidad es importante para la resiliencia porque es un seguro para controlar la incertidumbre y la sorpresa, además de que hace posible la renovación adaptativa luego de un evento perturbador (Berkes y Seixas, 2005). En torno al modelo de panarquía, se puede identificar que la combinación de la diversidad funcional dentro de las escalas y la redundancia funcional a través de estas es un atributo importante para los ecosistemas, ya que ayudan a fortalecer su resiliencia frente a perturbaciones ecológicas menores, así como ayudan a los procesos de regeneración cuando los sistemas socioecológicos han soportado grandes perturbaciones, como por ejemplo afectaciones por fenómenos naturales catastróficos (Forys & Allen, 2002). En fin, tanto la diversidad como la variabilidad en un sistema, permiten que este continúe con su evolución (Grabher & Stark, 1997).

### 2.4.3 Modularidad

Mientras que la diversidad se refiere a la variedad de los elementos en un sistema, la modularidad se refiere a la conectividad que existe entre ellos. En los sistemas que presentan una alta conectividad, las perturbaciones se transmiten rápidamente (Martín y Sunley, 2013) y pueden llevarlo fácilmente al colapso, por lo que la existencia de pequeños conjuntos de elementos esenciales (módulos básicos) permite al sistema hacer frente al impacto de una perturbación evitando un cambio de estado. Holland (2006) define la modularidad como “subrutinas” que actúan como bloques de construcción que pueden ser combinados para manejar nuevas situaciones, permitiendo al sistema aumentar su resiliencia. Si existen subsistemas que pueden ser dañados luego del impacto de una perturbación dejándolos sin capacidad de recuperación, la modularidad permitirá que el sistema demuestre robustez frente a dicha perturbación. De esta manera el fallo de un módulo puede ser compensado por otro.

La robustez es entendida como la capacidad de mantener la funcionalidad del sistema independientemente de las perturbaciones (Bruneau y Reinhorn, 2004; Kitaro, 2004). Esta concepción abarcará los conceptos de redundancia y diversidad. La redundancia se entiende como una situación en la que varios componentes idénticos o similares (módulos) pueden sustituirse unos por otros cuando un componente falla; mientras que la diversidad o la heterogeneidad representa el otro extremo, donde una función específica se puede lograr por diferentes medios disponibles en una población de componentes heterogéneos.

La modularidad y la robustez del sistema pueden ser determinadas por las interconexiones de los diferentes ciclos dentro del modelo de panarquía. Estos están interconectados en diferentes niveles: la robustez está fundamentalmente presente en los nodos críticos de enlace y no en todos los nodos de enlace, siendo los nodos críticos los que determinen la robustez de un sistema. Si una perturbación destruye un nodo crítico se compromete la estructura general del sistema, pero si la destrucción se da en un nodo no crítico, es posible para el sistema mantener su estructura y funciones (Allen et al. 2005), elementos fundamentales que definen el concepto de resiliencia.



#### 2.4.4 Apertura

Se refiere a la facilidad con que los elementos se pueden mover dentro o fuera de un sistema. La apertura de un sistema está relacionada con la modularidad a escalas más grandes. Carpenter et al. (2012) propone a modo de ejemplo cómo el libre comercio entre los sistemas socioecológicos a menudo mejora el bienestar humano. No existe un grado óptimo de apertura de un sistema, por lo que este dependerá de las condiciones de sus elementos y las relaciones intercalares. La apertura es entendida como la fuerza de la conexión que existe entre un sistema socioecológico y sistemas socioecológicos vecinos (Carpenter et al., 2012), lo que permite la adopción de nuevos supuestos básicos de funcionamiento (Proag, 2014), complementando de esta manera la modularidad del sistema. Por otra parte, un sistema cerrado evidencia sociedades con características endogámicas, estáticas y poco resilientes (Walker y Salt, 2012).

Un sistema socioecológico que carece de módulos básicos que garanticen su funcionalidad y que reciba el impacto de una perturbación de grandes proporciones, tiene tres opciones: la transformación, el colapso o la adopción de módulos básicos de otros sistemas que le permitan mantener sus funciones esenciales. Esta última opción solo es posible si se ha logrado, a través del tiempo, construir conexiones sólidas y confiables (Carpenter et al., 2012). Un sistema demasiado permeable podría permitir la transmisión de efectos negativos de choques ajenos a él. Por otro lado, podría hacer uso de información, métodos, conocimiento e infraestructuras (Godschalk, 2003) de otros sistemas para suplir los módulos básicos que, debido al caos generado por el impacto, han sido dañados de forma severa. El análisis de modularidad en escalas superiores y la apertura es una frontera que aún es esquivada en el estudio de los sistemas socioecológicos (Carpenter et al., 2012).

#### 2.5 LA VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad y la resiliencia constituyen diferentes pero superpuestos temas cuando se trata la sostenibilidad de los sistemas socioecológicos (Turner II, 2010). La vulnerabilidad está entendida como el estado de susceptibilidad a los daños provocados por la exposición al estrés asociado con el cambio ambiental y social (perturbaciones) y la falta de capacidad de adaptación (Adger, 2006; Turner et al., 2003), siendo esta una variable dependiente de la resiliencia. Dentro de este contexto, la interacción de las fuerzas ambientales y sociales determina la exposición y la sensibilidad, y las diversas fuerzas sociales, culturales, políticas y económicas dan forma a la capacidad de adaptación (Luers et al., 2003). Identificar una medida de vulnerabilidad se ha convertido en un desafío, debido a que hasta el momento no se ha encontrado una que sea capaz de capturar por completo sus múltiples dimensiones, lo que sugiere buscar un conjunto de métricas genéricas a las que se les pueda aplicar una amplia gama de ajustes (Luers et al., 2003). Se debe tener en consideración que los intentos para mitigar los riesgos y las acciones para proteger del desastre a los sistemas socioecológicos pueden actuar de manera contraria, agravando los riesgos y provocando nuevas vulnerabilidades (Stark, 2014).

Cutter et al., (2008) plantean tres grupos de relaciones posibles entre vulnerabilidad, resiliencia y capacidad de adaptación: en primer lugar, identifican las propuestas de Adger (2006), Birkmann (2006) y Folke (2006), que consideran que la resiliencia es parte de la capacidad de adaptación; por otro lado, Burton et al. (2000) conciben la capacidad de

adaptación como un componente importante de la vulnerabilidad; y, en una tercera relación, la capacidad de adaptación es parte de la resiliencia y esta, a su vez, de la vulnerabilidad (Gallopín, 2006; Turner II, 2010). Dentro de la investigación de riesgos, la resiliencia es comprendida como la capacidad de sobrevivir y hacer frente a un desastre con el mínimo impacto y daño. Especialmente en los sistemas de ingeniería y sociales (Berkes y Campanella, 2006; Tierney y Bruneau, 2007), es comprendida como un proceso, y no como un resultado; está definida en términos de aprendizaje continuo para la toma de decisiones que permita mejorar la capacidad de gestión de riesgos. En esta investigación se considera que la resiliencia y la vulnerabilidad son conceptos separados, pero que mantienen vinculaciones que los relacionan (Cutter et al., 2008). Las variables que incrementan el grado de vulnerabilidad de un sistema disminuyen la resiliencia del mismo.

## 2.6 RESILIENCIA Y TERRITORIO

Comprendida la resiliencia como la capacidad dinámica de aprendizaje y adaptabilidad que se basa en la autoorganización para promover la innovación, el desarrollo y la evolución, es necesario determinar dentro de qué límites será tratada. Considerando lo planteado por Walker y Salt (2012), se pueden definir las siguientes preguntas directrices:

- ¿Cuál es el sistema? y ¿qué componentes lo integran?
- ¿Cuál es la escala principal de análisis? y ¿cuáles son las escalas que influyen en ella?
- ¿Qué variables del sistema promueven la resiliencia?
- ¿Cuáles son las variables más importantes en el análisis de la resiliencia?
- ¿Qué variables impulsan el cambio y las nuevas tendencias?

Las respuestas a estas interrogantes definen el ámbito de la resiliencia. Varios autores plantean espacios de análisis que se centran en la comunidad (Ainuddin y Routray, 2012; Cutter et al., 2008; Berkes y Ross, 2013; Joerin et al., 2012; Taylor, 2014; Tobin, 1999); sin embargo, en la mayoría de estos casos, el concepto de resiliencia se circunscribe al ámbito geográfico, en ese espacio delimitado por fronteras que no responde a la realidad de la dinámica de los sistemas adaptativos complejos, que son la base epistemológica del presente estudio. Como se ha descrito, por definición la resiliencia es una capacidad dinámica que permite que los sistemas, a través de la autoorganización, luego de un proceso de destrucción creativa, generen novedad y evolucionen. Estas acciones se irán dando a través de diferentes escalas y dominios (Walker y Salt, 2012), pudiendo ser de índole ecológico, social, económico, institucional, etc. La resiliencia es, entonces, un concepto que rebasa las fronteras geográficas y se acopla a un enfoque de proximidad (Boschma, 2005) que en sus diferentes dimensiones plantea un nuevo paradigma de análisis.

Como se ha propuesto, el nivel de análisis de la resiliencia debe considerar sus escalas y dominios de operación. Esto es lo que determinará su ámbito de análisis, siguiendo la lógica de “proximidad” planteada por Boschma (2005), que rompe el paradigma de escala geográfica y afirma que para los análisis empíricos se deben considerar los niveles espaciales de creación y transferencia de conocimiento, así como los de aprendizaje interactivo. La definición del ámbito de análisis incorpora, no solo al

territorio y sus características endógenas, sino también las relaciones de proximidad cognitiva, organizacional, social e institucional.

La *proximidad cognitiva* se relaciona con la capacidad de los actores (personas u organizaciones) para acceder y adaptarse a la novedad. Plantea que debe existir por lo menos un grupo de conocimientos y destrezas básicas (generadoras de proximidad) que les permita, por ejemplo, acceder a nuevas tecnologías. La *proximidad organizacional* plantea la generación de un espacio para que se den interacciones de diferente naturaleza, que pueden ser económicas y financieras, tanto de dependencia como de interdependencia. Como resultado de este proceso, se configuran redes que soportan y viabilizan la transmisión de conocimientos, pues las redes establecen centralidades y distancias para diferentes tipos de variables, no solo la geográfica. La *proximidad social* se define en términos de las relacionales sociales entre los agentes integrados en el nivel micro. Dentro de este contexto, las relaciones entre los actores están incrustadas socialmente cuando promueven la confianza basada en la amistad, el parentesco y la experiencia, lo que genera un ambiente adecuado para que los procesos de innovación puedan desarrollarse. La *proximidad institucional* concibe las condiciones estables de confianza (generadoras de proximidad) para que el aprendizaje interactivo tenga lugar, plantea las normas y conjunto de valores que regulan ese espacio. El enfoque de esta proximidad se da a niveles macro. La *proximidad geográfica* trata las diferentes escalas espaciales donde se generan las relaciones que permiten el desarrollo del conocimiento y la innovación; promueve la apertura en los sistemas a fin de que estos mantengan relaciones intercalares para el aprendizaje interactivo que fortalecerá la innovación.

Más allá de los efectos positivos y negativos que genera, la proximidad (Boschma, 2005) es un concepto que permite establecer espacios de análisis sobre sistemas abiertos que están en constante cambio y evolución, donde la resiliencia es parte de esa dinámica. La resiliencia entonces tendrá un enfoque territorial, en tanto en cuanto se considera que el ámbito territorial se delimita, no por una concepción geográfica de distancias físicas, sino por una de proximidad que incorpora lo geográfico, lo cognitivo, lo organizacional, lo social y lo institucional. La resiliencia tiene una lógica de proximidad, considera las capacidades de los territorios y regiones para hacer frente a perturbaciones que pueden afectar su dinámica. En Foster (2007) se pueden encontrar otras conceptualizaciones, cuando introduce el concepto de *resiliencia regional* al proponer el ejemplo de cómo las empresas consiguen redundancia a través de establecer sus operaciones en lugares estratégicamente localizados que les permiten obtener una relación de colaboración con cada eslabón de la cadena de suministro, incrementado así su capacidad de respuesta en caso de eventos inesperados. En este caso lo regional queda reducido a las distancias geográficas. Por otro lado, Martin (2011) plantea que la resiliencia regional dependerá del desempeño económico y su estabilidad. Básicamente se centra en la tasa de crecimiento, la estructura económica, acuerdos institucionales, etc. Pero, a pesar de que su concepto es más amplio y parece romper las ataduras de la geografía física, circunscribe lo regional a una dinámica de desarrollo meramente económico.

Los niveles de análisis de la resiliencia parten desde el concepto de territorio en lo local para ir integrando estructuras más complejas a nivel de regiones, países y continentes. El territorio es entendido como ese conjunto de interrelaciones socioecológicas que se dan en torno a un espacio geográfico, interrelaciones determinadas por los niveles de proximidad cognitiva, organizacional, social e institucional. Frente a lo expuesto, la resiliencia y el

territorio establecen diferentes niveles de encuentro, desde lo local a lo regional y lo nacional. Su estudio exige la comprensión de los elementos que forman parte del concepto de proximidad en lo local, para, a partir de estos, definir las características de la resiliencia regional (Christopherson et al., 2010; Foster, 2007; Swanstrom, 2008).

El presente estudio opta por una concepción holística e incorpora el concepto de proximidad a la resiliencia, definiéndola como la capacidad dinámica de aprendizaje y adaptabilidad de un sistema territorial que se autoorganiza sin cambiar sus funciones esenciales, en respuesta al impacto de *shocks* internos y/o externos, permitiendo la innovación, el desarrollo y la evolución. La resiliencia bajo esta concepción puede tomar diferentes dimensiones, como lo plantea Cutter et al. (2008): económica, social, institucional, de infraestructura, ecológica.

### 2.6.1 Dimensión económica de la resiliencia

Dentro de las primeras propuestas de incorporación del concepto de resiliencia en el estudio de la economía está el trabajo de Reggiani et al. (2002), donde consideran la resiliencia como parte del enfoque evolutivo de los sistemas económicos espaciales. Realizan un revisión teórica que divide el concepto en dos contextos. El primero relaciona la resiliencia con el campo de la ingeniería, en el que el resultado del impacto de un *shock* sobre un sistema tiene como respuesta el retorno de este al equilibrio (Holling, 1986). El segundo se orienta hacia la ecología, donde se busca determinar la magnitud de la perturbación que puede soportar un sistema antes de cambiar sus funciones fundamentales (Gunderson y Holling, 2002). El efecto de las perturbaciones sobre los sistemas económicos regionales y los beneficios que el concepto de resiliencia pueda otorgarles es cuestionado por Reggiani et al. (2002) al considerar que una alta resiliencia puede impedir la evolución del sistema, mientras que una baja resiliencia provocaría el colapso del mismo. En consecuencia, incorpora al debate científico y metodológico la necesidad de identificar el punto de resiliencia “óptimo” (Martin, 2011). Tiempo después abordaría esta paradoja proponiendo el concepto de histéresis para explicar respuestas no evolutivas de los sistemas, que pueden tener efectos positivos o negativos.

Hill et al. (2008) utilizan como punto de partida cuatro temas asociados con la resiliencia económica. El primero relacionado con el equilibrio entendido como la capacidad de un sistema económico regional para mantener un estado preexiste en respuesta a un *shock* externo. El segundo tema se relaciona con *path dependence* que considera que la economía regional tiene equilibrios múltiples, no todos óptimos, donde las decisiones que se toman durante un periodo de tiempo pueden llevar al sistema económico a rutas de crecimiento subóptimas. En este caso la resiliencia será la capacidad que tendrá el sistema para evitar rutas subóptimas o promover una transición rápida a mejores estados de equilibrio. El tercer y cuarto tema se relacionan con los sistemas y perspectivas de largo plazo, donde se analiza la estructura de las relaciones entre las variables macroeconómicas y las instituciones sociales, políticas y económicas. En este sentido, una economía regional es resiliente en la medida en que su estructura

social de acumulación<sup>44</sup> sea estable o en la medida en que esta sea capaz de hacer una adecuada transición a otra de mejores condiciones. En este caso la resiliencia analizaría la dinámica del comportamiento de las instituciones que son la base del crecimiento económico a largo plazo.

Por otro lado, la resiliencia económica es vista como las acciones llevadas a cabo por los responsables políticos y agentes económicos para resistir o recuperarse de los efectos negativos de los *shocks* o para aprovechar los *shocks* positivos (Briguglio et al., 2009). Se considera que el riesgo de un país a ser afectado por *shocks* externos tiene dos elementos: el primero está dado por la vulnerabilidad ocasionada por una deficiente apertura económica, un alto grado de concentración de exportaciones y la dependencia de importaciones estratégicas; mientras que el segundo es la resiliencia determinada por un buen nivel de gobernabilidad, un mercado eficiente, altos niveles de cohesión social y una buena gestión macroeconómica. La diferencia de estos dos elementos determina el nivel de riesgo de un país: el riesgo disminuye si aumenta la resiliencia. Los autores plantean que la resiliencia económica se refiere a la capacidad inducida por la política económica para recuperarse o adaptarse a los impactos negativos de los choques exógenos adversos y beneficiarse de los *shocks* positivos.

Rose y Liao (2005) analizan la resiliencia económica en dos niveles, la empresa individual y el contexto territorial. Dentro de cada contexto identifican dos tipos de resiliencia, una inherente y otra adaptativa. La primera se relaciona con una resiliencia en circunstancias normales, donde las empresas pueden sustituir otros insumos que han sido limitados por un *shock* externo o la capacidad de los mercados para reasignar los recursos en respuesta a las señales de precios. El segundo tipo de resiliencia se relaciona con una respuesta ingeniosa o esfuerzo extra para hacer frente a *shocks* externos, evitando las pérdidas máximas potenciales. A fin de realizar un análisis que sea capaz de modelar la respuesta conductual a la escasez de insumos y el cambio de condiciones de mercado, se presenta como herramienta el *análisis de equilibrio general computable*<sup>45</sup>, técnica que dentro de la modelización económica regional ha sido utilizada para estudiar el impacto de políticas en los sistemas económicos.

El concepto de resiliencia dentro de la dimensión económica también ha recibido críticas que cuestionan su aplicabilidad en la explicación de la recuperación de regiones que han sufrido *shocks* externos. Tal y como la presenta Hassink (2010), la resiliencia se considera pertinente dentro de estudios relacionados con la ecología y los desastres, mas no dentro de la economía de las regiones. Su análisis evidencia una visión que enmarca el concepto de resiliencia dentro de la perspectiva de multiequilibrios, siendo ajena a la economía evolutiva. Considera que la resiliencia abandona la incidencia del Estado y el gobierno en varios niveles espaciales, subordinando la política al orden natural de las cosas, cuando en realidad la política y el estado explican en la mayoría de los casos la adaptabilidad de la economías locales y regionales. Esta controversia ha sido desvirtuada a través del desarrollo de diferentes visiones que consolidan la resiliencia como un proceso adaptativo-evolutivo (Martin y

<sup>44</sup> Una estructura social de acumulación son combinaciones de instituciones económicas, sociales y políticas que mutuamente se refuerzan durante largos periodos de tiempo y crean condiciones para el crecimiento económico (Hill, Wial, & Wolman, 2008).

<sup>45</sup> El análisis de equilibrio general computable se define como un modelo de simulación multimercado usado en el comportamiento de optimización simultánea de consumidores y empresas individuales, sin perjuicio de saldos de cuentas y las limitaciones que presentan los recursos económicos (Rose & Liao, 2005).



Sunley, 2013) inmerso, no solo en los sistemas ecológicos, sino también en dimensiones social, económica, de infraestructura e institucional.

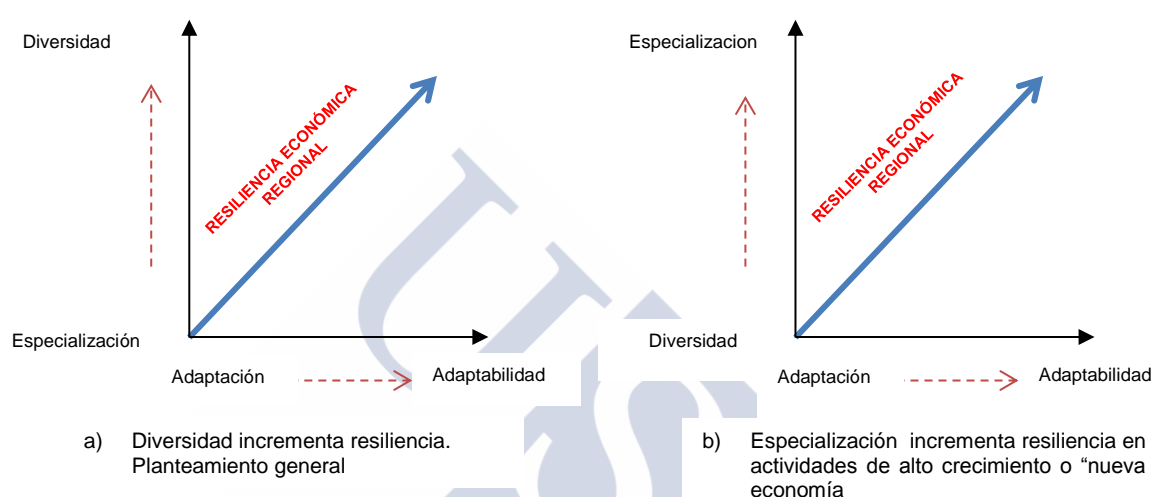
Martin (2011), luego de hacer una revisión de la definición de la resiliencia económica, evidencia que esta había sido enmarcada dentro de un enfoque de estabilidad, lo que quiere decir que, cuando una región se ve afectada por un *shock*, se activan automáticamente ajustes compensatorios que traen de nuevo el equilibrio. Puede ser que la recuperación tome cierto tiempo, pero la hipótesis es que la economía retornará a un estado de equilibrio pre-*shock*. La realidad de los sistemas territoriales hace que su economía no necesariamente deba estar en equilibrio y plantea nuevos escenarios que están complementados por el concepto de histéresis que, al contrario de la resiliencia, da a comprender que el sistema puede cambiar sus funciones y rendimiento en presencia de un *shock*, pudiendo ser positivos o negativos los resultados. Considera que es necesario realizar un proceso de desagregación de la economía regional, para estudiar los diferentes elementos que la conforman, así como sus interrelaciones, ya que en ellos se podrían identificar las variables que hacen que ciertas regiones sean más resilientes que otras. Un enfoque evolutivo de la resiliencia económica regional es considerado como imprescindible, ya que incorporaría las nociones de diversidad, selección, *path-dependence* y autoorganización que se evidencian en los agentes económicos y los responsables de la gestión política.

Martin (2011) propone cuatro fases para abordar la resiliencia regional con enfoque económico: la primera (resistencia) tiene que ver con la vulnerabilidad o la sensibilidad que una economía regional presenta frente a perturbaciones; la segunda (recuperación) tiene que ver con la velocidad y el tiempo de recuperación; la tercera (reorientación) tiene que ver con en qué medida la estructura económica ha sido reorientada; la cuarta (renovación) se refiere al grado de renovación o restablecimiento de la senda de crecimiento que caracterizó a la economía antes de la perturbación.

Rose y Krausmann (2013) analizan la resiliencia económica considerando tres niveles: el nivel microeconómico, donde se analizan los hogares y la empresa a nivel individual, un segundo enfoque relacionado con la mesoeconomía, que analiza la industria y su mercado, y el nivel macroeconómico, que estudia la combinación de las entidades económicas. Los autores consideran que este último corresponde a la visión holística de la llamada resiliencia comunitaria. Otra contribución relevante plantea una visión de dos tipos de resiliencia económica, una estática y la otra dinámica. La primera se relaciona con la capacidad de un sistema para mantener sus funciones luego del impacto de un *shock*, y la segunda con la velocidad de recuperación de un *shock*, es decir, con el uso eficiente de los recursos para la reparación y reconstrucción del sistema. Por otro lado, Rose y Krausmann (2013) encuentran que los índices desarrollados por varios autores (Cutter et al., 2010; Bruneau et al., 2003; Decision and Information Sciences Division, 2010; Jordan et al., 2011; Norris et al., 2008; Sherrieb et al., 2010) son aplicables al análisis de la resiliencia en periodos largos de tiempo, pero no son relevantes a corto plazo, por ejemplo en el primer año, el cual es crucial en la resiliencia económica.

Martin y Sunley (2013) complementarían los estudios enmarcados en la resiliencia económica regional asumiendo un enfoque de adaptativo-evolutivo, lo que les permite incorporar ciertas propiedades de los SAC, como la diversidad, la modularidad y la

redundancia. La contribución más relevante en la propuesta de estos investigadores se centra en el cuestionamiento de la diversidad económica, ya que, a priori, a menor diversidad, es decir, al tener una región con una alta concentración en pocas actividades económicas, esta es más vulnerable frente a *shocks* y, por consiguiente, menos resiliente (Gráfica 2.1 a). Sin embargo, si la especialización de la región se da en actividades de alto crecimiento o de *nueva economía*<sup>46</sup>, esta alta concentración puede ser beneficiosa, ya que las empresas de este tipo de industrias tienden a ser flexibles e innovadoras, por lo que promueven la adaptabilidad (Gráfica 2.1 b), lo que sirve como un seguro para la región en el caso de enfrentarse al impacto de un *shock*.



Gráfica 2.1 Visión de la resiliencia desde la perspectiva de diversidad y adaptabilidad.

Fuente: Elaborado a partir de Martin y Sunley (2013)

La economías regionales son sistemas complejos que involucran a empresas heterogéneas, gobierno y sociedad (Martin y Sunley, 2013), cada uno de estos componentes con conexiones y enlaces interdependientes que definen las limitaciones de una región para la adaptación en función de sus características locales, los recursos asignados a ellas y su capacidad de relacionarse con otras regiones; por lo que la resiliencia implicará heterogeneidad de variables que, a lo sumo, podrán identificarse en base a estudios empíricos y agruparse en función de su nivel de influencia sobre los procesos de recuperación y adaptación.

Dentro del ámbito de emprendimiento, especial interés despierta el trabajo desarrollado por Ayala y Manzano (2014) respecto a la resiliencia del empresario como un factor determinante de su éxito. Este estudio de enfoque cualitativo psicométrico evidencia que, dentro del marco de las pequeñas empresas, hay una asociación positiva entre la resiliencia de los empresarios y el crecimiento de las empresas, siendo la capacidad de innovación evidente en la etapa de  $\Omega$  a  $\alpha$  (en el modelo de panarquía), un componente clave para esta afirmación. De igual manera, se identifica al género como uno de los factores discriminantes del estudio, llegando a la conclusión de que la influencia del optimismo sobre el éxito de los negocios es mayor para las mujeres que para los hombres.

<sup>46</sup> Se entiende como *nuevas economías* a industrias innovadoras y de salarios altos, comúnmente relacionadas con la fabricación de alta tecnología, creatividad, servicios de negocios digitales, financieros, etc.



Östh et al. (2015), sobre la base teórica desarrollada en relación a la resiliencia económica (Holling, 1973; Martin, 2012; Pimm, 1984; Rose y Krausmann, 2013; Reggiani et al., 2002), llegan a establecer que el concepto ha superado las definiciones equilibristas y multiequilibristas y ha tomado forma en la ecología, donde la adaptabilidad es la visión que más se ajusta al enfoque económico de la resiliencia. En consecuencia, se tendrá que la economía social se ajusta a las diversas etapas de ciclo económico, entendidas como declive, reestructuración, explotación y conservación (Pike et al., 2010; Simmie y Martin, 2010). Para los autores, la evaluación de la resiliencia económica ha considerado un vasta lista de variables cuya configuración explicativa es dinámica, es decir, un grupo de variables pueden explicar ahora la resiliencia, pero es posible que no lo hagan a futuro; lo que promueve la resiliencia hoy no siempre lo hará en el futuro.

Sobre las diversas visiones presentadas en relación a la dimensión económica de la resiliencia, donde ha sido analizada, sistematizada e incluso clasificada desde diferentes perspectivas y ámbitos, y con el fin de establecer un marco teórico para la presente investigación, considerando el enfoque adaptativo-evolutivo (Martin y Sunley, 2013) se establecen dos niveles de estudio: *micro* y *macro* (Rose y Krausmann, 2013), y, dentro de estos niveles, dos tipos de resiliencia: inherente y adaptativa (Rose y Liao, 2005).

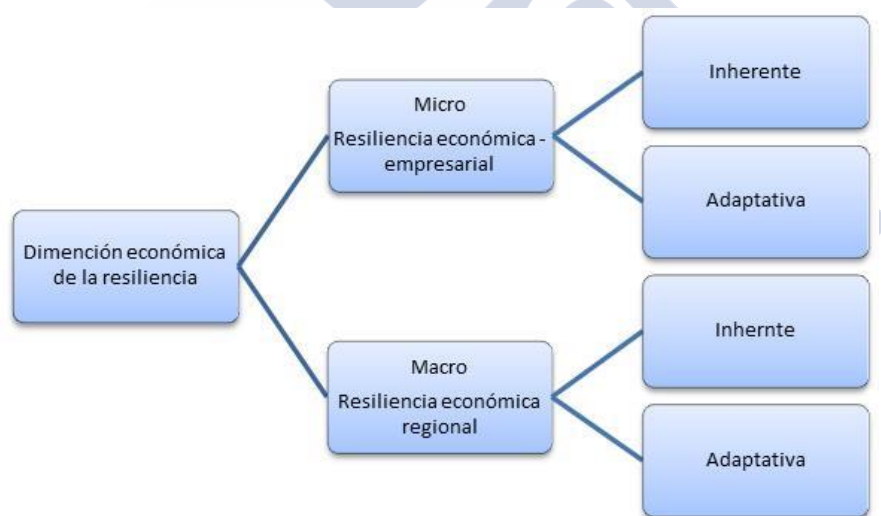


Figura 2.3 Estructura de la dimensión económica de la resiliencia  
Fuente: Elaboración a partir de Rose y Krausmann (2013)

### 2.6.2 Dimensión social de la resiliencia

La dimensión social de la resiliencia ha sido abordada de forma conjunta con la ecología. Adger (2000) definiría la resiliencia social como la capacidad de los grupos o comunidades para hacer frente a las tensiones y perturbaciones externas como resultado de cambios políticos, sociales y ambientales. Plantea por primera vez la relación entre la resiliencia social y la ecológica, de manera especial cuando los grupos sociales o comunidades dependen de los recursos ecológicos y ambientales para sus sustento. Concluye que la resiliencia de los sistemas naturales proporciona la capacidad para hacer frente a las sorpresas y los cambios de gran escala dando viabilidad a la innovación, la

adaptación al cambio y el aprendizaje en las instituciones sociales. Más tarde, Gunderson y Holling (2002) integran el concepto de resiliencia en el modelo heurístico de panarquía con el fin de comprender el papel del cambio adaptativo en diversos sistemas ecológicos y sociales.

Varios estudios hacen referencia a la resiliencia psicológica (Garmezy, 1974; Rutter, 2007, 2012) y contribuyen en la presente investigación con sus análisis de la dimensión social. La actitud que tiene el individuo o los colectivos de individuos frente a eventos adversos permite comprender el comportamiento del sistema social frente al impacto de eventos internos o externos en una determinada región. El desarrollo del estudio de la resiliencia desde la perspectiva psicológica ha generado una serie de metodologías de evaluación, que están dispuestas desde la psicometría (Baruth y Carroll, 2002; Connor y Davidson, 2001; Friberg, et al., 2005; Oshio et al., 2003; Sinclair y Wallston, 2004; Wagnild y Young, 1993), algunas de ellas adecuadas para adolescentes y otras que abarcan rangos más amplios de edad, como la *Resilience Scale for Adults RSA* (Friberg et al., 2005). Existen cada día más aplicaciones que valoran las propiedades psicométricas de los instrumentos propuestos; sin embargo, lo relevante para esta investigación está en identificar qué factores de orden psicológico en los pobladores de una región favorecen la resiliencia. Algunos de ellos pueden ser las competencias personales, sociales, recursos sociales, cohesión familiar, entre otros.

Retornando a la perspectiva de proximidad establecida por Boschma (2005), un elemento que debe considerarse es la proximidad social, definida como las relaciones socialmente integradas entre agentes de nivel *micro*; es decir, los actores de una sociedad están integrados cuando existe confianza generalmente sustentada en la amistad, el parentesco y la experiencia. Estos procesos permiten el desarrollo de la adaptabilidad cuando el sistema socioecológico ha sido perturbado por un evento interno o externo a él. Por otra parte, Morrow (2008) describe la dimensión social de la resiliencia en torno a las habilidades de la sociedad para adaptarse al cambio y absorber perturbaciones recurrentes como los desastres de origen natural. Hace una referencia especial a las instituciones y redes sociales en términos de colectivos, mientras que a nivel individual considera importante incorporar al análisis los recursos culturales (educación) y sociales (familia y amigos). Las redes sociales incrementan el capital social, disminuyen la vulnerabilidad e incrementan la resiliencia en regiones propensas a desastres, por lo que es necesario establecer espacios de encuentro que promuevan las interacciones de las personas con el fin de fortalecer sus relaciones; esto fortalecerá su identidad con el territorio y su comunidad (Carpenter, 2014).

Cinner et al. (2009) analizan la resiliencia social a través de un estudio empírico que considera el comportamiento de una serie de variables relacionadas con los medios de vida de trece comunidades. Dentro de las principales conclusiones de este estudio está la identificación de la flexibilidad y la participación en la toma de decisiones por parte de la comunidad como factores que promueven la resiliencia. La flexibilidad hace especial referencia a las instituciones formales y a la capacidad de la población para acoplarse de manera adaptativa a diferentes medios de vida. En torno a la participación de la comunidad en la toma de decisiones, además de la apertura que brinden las instituciones formales, se requiere evidenciar niveles de confianza de la población respecto de quienes están a cargo de la gestión de la región. Esto, aparte de proveer legitimidad institucional, fortalece la identidad de la población con el territorio (Chandra et al., 2011). Un sistema flexible permite la

vinculación de la población, las instituciones y el territorio en tres niveles: local, regional y nacional.

Davison (2010) indica que las perturbaciones que activan la resiliencia en los sistemas sociales son un elemento importante que permite concluir que estos “...son concebidos como procedimiento a través de un círculo evolutivo continuo de cambio temporal entre la sostenibilidad y la crisis (Davison, 2010:1136)”. Frente a lo señalado, los sistemas sociales evolucionan a través de los procesos de gestión adaptativa que se dan frente a la incertidumbre y caos que se genera como resultado del impacto, por ejemplo de un desastre de origen natural. Dentro de este contexto, Escalera y Ruiz-Ballesteros (2011) consideran la *comunitarización*<sup>47</sup> como promotora de la resiliencia. Basados en estudios empíricos, concluyen que ciertas organizaciones comunitarias irradian su estilo de gestión colectiva (adaptativa) hacia el conjunto de la población local. Esa “construcción de la comunidad” permite comprender una serie de elementos que se encuentran relacionados con la resiliencia socioecológica, como la confianza, las redes, la cohesión, la autoorganización, entre otras. Para los autores esta estructura comunitaria puede explicar cómo ciertas poblaciones pueden superar el efecto de distintos desastres de origen natural y colapsos económicos.

El concepto de comunidad es incorporado a la resiliencia (Cutter et al., 2008; Morrow, 2008) principalmente para tratar el comportamiento de esta frente a diferentes tipos de desastres (Chandra et al., 2011; Tobin, 1999), por lo que la resiliencia comunitaria es entendida como la capacidad de anticipar los riesgos, limitar los impactos y recuperarse rápidamente a través de la supervivencia, la adaptabilidad y la evolución frente a procesos de cambio severos (Eachus, 2014). Para Eachus (2014), la resiliencia individual se corresponde con la comunitaria, por lo que los factores que contribuyen a la primera se corresponderán con la segunda. Sobre estos factores se puede identificar una serie de investigaciones que proponen dividir el estudio de la resiliencia comunitaria en varias dimensiones: ecológica, física, social, económica, institucional etc. (Cutter et al., 2008; Chandra et al., 2011; Joerin et al., 2012; Ranjan y Abenayake, 2014; Singh-Peterson, et al., 2014). Bajo este marco de análisis, el concepto de comunidad da un carácter holístico al estudio de la resiliencia, fundamentalmente porque incorpora los factores de orden social a los de orden físico-natural, que usualmente eran tratados por la ecología y la ingeniería. La resiliencia comunitaria está presente en diferentes niveles de operación que parten del individuo hacia el hogar, la comunidad, la región, el país, etc., por lo que es necesario orientar la evaluación, las políticas y la gestión en los tres primeros niveles, que es donde se experimenta con efectos tangibles (Wilson, 2012).

Por otra parte, la resiliencia social es vista por Prieto (2013) como catalizadora de las relaciones sociales que logran un sistema integrado entre familia, comunidad, organización y gobierno, lo que permite hacer frente a la inestabilidad, incertidumbre y cambios repentinos que pueden darse por efecto de impactos internos o externos al sistema. Los bajos niveles de participación en cada uno de los grupos sociales señalados afectan a la resiliencia, trayendo como consecuencia la descomposición de los subsistemas familiar, comunitario, organizacional y de gobierno. A fin de conservar el sistema global, el autor considera que deben establecerse reglas o principios que permitan

<sup>47</sup> La *comunitarización* responde a la idea de transferencia de un ámbito que depende del procedimiento intergubernamental al procedimiento comunitario.

la interacción entre los diferentes niveles observando un proceso adaptativo-evolutivo que responda a la dinámica del modelo heurístico de la panarquía.

Partiendo de los conceptos de vulnerabilidad social y resiliencia social, Shaw et al. (2014) analizan la relación que estos tienen con el desastre. Para ello consideran un grupo de personas adultas mayores en las que se estudian dos estrategias cognitivas, como son la percepción del riesgo y la percepción de sí mismos. Por otro lado, se analizan dos mecanismos de adaptación, como son la capacidad de aceptar el cambio y la autoorganización. Las conclusiones más relevantes están en torno a la identificación de dos tipos de resiliencia, una negativa y otra positiva. La resiliencia negativa considera que existe una falsa percepción respecto a las capacidades para afrontar un riesgo, es decir, las personas se sienten preparadas para afrontarlo cuando en realidad no lo están, esto es, no comprenden la magnitud del peligro y sus efectos colaterales. La resiliencia positiva se dará cuando existe una comprensión clara del riesgo y sus efectos directos e indirectos. Frente a este planteamiento, es necesario establecer los mecanismos que permitan contrastar las percepciones de los individuos y sus verdaderas capacidades para afrontar el impacto de un evento externo dando una respuesta adaptativa.

Angeon y Bates (2015), considerando el amplio espectro de la dimensión de la sostenibilidad, analizan varias dimensiones, entre ellas la social, donde afirman que la resiliencia debe enfocarse en tres aspectos: el estado del capital humano, la vulnerabilidad social y la inequidad. Integrando estos criterios a otros relacionados con la gobernanza, el medio ambiente, la economía, etc., se permiten proponer un índice compuesto para la valoración integral de la resiliencia. La relación entre vulnerabilidad y resiliencia es destacada por los autores como conceptos que permiten diseñar políticas de respuesta frente a potenciales impactos sobre los sistemas socioecológicos, promoviendo en ellos su sostenibilidad.

Acerca de la dimensión social de la resiliencia, es pertinente considerar para el presente estudio que la evaluación de los diferentes factores debe tomar en cuenta los niveles de operación y la consistencia de los resultados en los casos en que se analiza la percepción de los seres humanos, pues es necesario contrastar la información para reconocer si la percepción de los individuos corresponde o no a su realidad. En torno a esta contrastación se definirá si la resiliencia es positiva o negativa. Esta última puede ocultar deficiencias estructurales de la población frente a un riesgo interno o externo, es decir, evidenciará un estado ficticio donde las vulnerabilidades superarán las capacidades de respuesta.

La estructura propuesta para abordar la dimensión social de la resiliencia considera tres enfoques (Figura 2.4) que necesariamente deben tener su espacio de análisis. El primero es inherente a las características sociales de la región, el segundo está relacionado con las características sociales de la comunidad y el tercero se relacionará con la experiencia del individuo y la comunidad frente al impacto ocasionado por desastres. La evaluación de estos contextos podrá generar en el individuo y la sociedad niveles de resiliencia positiva o negativa.



Figura 2.4 Estructura de la dimensión social de la resiliencia territorial  
Fuente: Elaborado a partir de Angeon y Bates, (2015) y Shaw et al., (2014)

### 2.6.3 Dimensión institucional de la resiliencia

A nivel institucional la resiliencia ha sido estudiada desde diferentes perspectivas, tanto en el plano privado como público, como empresa individual o como conglomerado de empresas, como organizaciones formales o informales, y como conjunto de interrelaciones intra y/o interrelacionales en torno a una determinada región. Castellacci (2015) analiza el papel de la innovación y la resiliencia organizacional. Las conclusiones que presenta están en torno a que la capacidad de innovación de la empresas tiende a aumentar con el tiempo cuando estas se vuelven más eficientes. El efecto de los cambios institucionales y la liberación del mercado incrementa la resiliencia organizacional en los grupos empresariales, lo que les permite acceder a una posición dominante que habilita nuevas estrategias y crea nuevos nichos de mercado; mientras que para las empresas independientes y pequeñas la realidad es diferente, ya que son más propensas a perder cuotas de mercado y a reducir aún más su tamaño, lo que les hace más vulnerables y, en consecuencia, menos resilientes.

A partir del concepto de proximidad propuesto por Boschma (2005), se puede considerar la proximidad organizacional como una vía para lograr la transferencia e intercambio de conocimiento a través de las diferentes interdependencias dentro y entre las organizaciones, lo que es beneficioso para el aprendizaje y la innovación (fase  $\Omega$  a  $\alpha$ ). Los niveles de operación interinstitucional (local, regional, nacional y global) permiten dotar al sistema socioecológico de una apertura hacia la transferencia e intercambio de experiencias que incrementan su resiliencia. Es importante tener en cuenta que un exceso de proximidad organizacional potencialmente podría incrementar la vulnerabilidad del sistema creando *lock-ins* o disminuyendo su flexibilidad.

El estudio de la resiliencia visto desde la perspectiva de los desastres, especialmente aquellos originados por fenómenos naturales, encuentra en Cutter et al. (2008) una propuesta de evaluación que identifica un grupo de factores que debe ser evaluados con el fin de determinar los niveles de preparación institucional frente a un potencial desastre. La coordinación entre las diferentes instituciones responsables del manejo de crisis debe ser adecuada, con el fin de que los procesos de toma de decisiones sean ágiles y eficientes, permitiendo que los sistemas puedan reacomodarse y consolidar nuevas rutas de desarrollo que den espacio a la innovación y evolución.

Uno de los aspectos más relevantes que deben ser tratados en la dimensión institucional y que permiten la consolidación de los ciclos panárquicos es la gobernanza



adaptativa. Sobre este tema Chaffin y Gunderson (2016) presenta una importante contribución, donde se amplía el concepto de gobierno al incluirse una serie de actores, instituciones y organizaciones que son partícipes de los procesos de toma de decisiones. Esta gobernabilidad abarca interacciones y retroalimentaciones entre los componentes sociales y biofísicos del territorio. La gestión adaptativa considera la incertidumbre y el aprendizaje como elementos esenciales en la relación del accionar humano y los ecosistemas, lo que puede ser considerado como una gobernanza basada en la resiliencia (Garmestani y Benson, 2013), que busca transmitir los objetivos de sostenibilidad en la asignación equitativa y conservación de los recursos para mantener la vida y los servicios que prestan los ecosistemas.

El uso del marco teórico de la resiliencia para tratar la dimensión social y, de manera especial, el gobierno y las instituciones ha sido cuestionado fundamentalmente porque se considera que no se puede establecer una similitud entre la dinámica social y ecológica, ya que la acción humana puede posponer o incluso evitar el colapso socioecológico (Hassink, 2010). Si bien es cierto que gran parte del desarrollo teórico de la resiliencia ha dejado de lado aspectos de orden social, donde la influencia del ser humano es decisiva, la gobernanza adaptativa busca corregir estas omisiones (Chaffin & Gunderson, 2016). La acción de la gobernanza adaptativa que promueve las instituciones formales está presente en los periodos de sostenibilidad (fase  $r$  a  $K$ ) y desarrollo (fase  $\Omega$  a  $\alpha$ ) de la panarquía; mientras que las instituciones informales permiten la adaptabilidad en los periodos de crisis o inestabilidad destrucción creativa, anarquía (fase  $K$  a  $\Omega$ ) (Folke et al., 2005). El modelo de panarquía (Gunderson y Holling, 2002) ayuda a explicar cómo las organizaciones, tanto formales como informales, responden de manera adaptativa a los impactos internos o externos en un sistema socioecológico. Durante el ciclo panárquico se legitimarán instituciones, desaparecerán o se crearán nuevas que gestionen el nuevo sistema.

A manera de resumen, la dimensión institucional tiene como componente fundamental el concepto de gobernanza adaptativa, que es transversal en el estudio de las relaciones inter- e intraorganizacionales que se producen entre sistemas formales e informales y que tienen como objetivo la sostenibilidad; es decir, permite el desarrollo de procesos de innovación y evolución. La evaluación de esta dimensión exige particular atención en las normas de operación de las instituciones formales, en la estructura y forma de operación de las instituciones informales, en el nivel y tipo de relaciones existentes entre las organizaciones y en la percepción de la sociedad sobre su legitimidad.

#### **2.6.4 Dimensión infraestructura de la resiliencia**

El impacto de eventos imprevistos sobre los sistemas socioecológicos es una de las principales preocupaciones en las actuales sociedades. Los inminentes impactos generados por el cambio climático, las acciones terroristas, la volatilidad de los mercados financieros y estados de crisis de diversa índole han creado un ambiente de incertidumbre en la sociedad. Cuando el efecto de estos impactos genera severos daños en la infraestructura física de países, regiones, ciudades o comunidades, es previsible un colapso de los diferentes sistemas, lo que conlleva grandes pérdidas económicas, de ahí que la protección de la infraestructura crítica se ha convertido en foco de atención de los países (Gasparini et al., 2014; Li et al., 2009).



El trabajo desarrollado por Li et al. (2009) permite identificar las infraestructuras críticas que son necesarias mantener para evitar el colapso del sistema socioecológico de una pequeña comunidad, luego de que esta ha sufrido el impacto de un evento interno o externo. Con claridad se pueden distinguir dos tipos de infraestructuras, las que están relacionadas con los servicios básicos (agua potable, electricidad, comunicaciones, combustibles, etc.) y las relacionadas con los sistemas de seguridad y emergencia (bomberos, policía, defensa civil, etc.). El trabajo propuesto por los autores es multidisciplinar y presenta una evaluación probabilística del riesgo, análisis de decisiones y opinión de expertos sobre la base de modelo de escenarios que considera el tipo de riesgo y su magnitud.

Otros trabajos que abordan las infraestructuras entorno al análisis de la resiliencia (Bruneau et al., 2003; Cinner et al., 2009; Godschalk, 2003; Kusumastuti et al., 2014) consideran importante evaluar aquellas que están presentes a nivel comunitario, como la existencia de centros médicos, carreteras, escuelas, servicios básicos, etc. De forma paralela, se evalúan las características de las viviendas a fin de establecer las condiciones socioeconómicas de los pobladores y, por consiguiente, obtener datos relacionados con su vulnerabilidad. Un tema importante que es abordado es el acceso de la población a las infraestructuras consideradas como claves o críticas, especialmente aquellas que están relacionadas con servicios de salud y educación.

Las *líneas de vida* (vías de conexión con otras regiones geográficas) son otro factor crítico que merece ser considerado cuando el factor perturbador es de orden físico y exige la movilización de la población para proteger su integridad. Este factor, junto con las redes transporte e infraestructura comercial, son elementos considerados por Ainuddin y Routray, (2012), Bruneau et al., (2003) y Cutter et al., (2008) y que se incorporan dentro de la dimensión infraestructura. La eficiencia de las infraestructuras viales depende de una construcción resiliente donde se consideren dos elementos importantes: el mantenimiento y la recuperación oportuna (Solberg et al., 2003).

El Departamento de Seguridad de los Estados Unidos de Norteamérica, a través del *Argonne National Laboratory* (2010), considerando la necesidad de que los sistemas socioeconómicos se mantengan en funcionamiento en caso de que el país sufra el impacto de un desastre (natural o provocado), desarrollan un estudio orientado a fortalecer las infraestructuras críticas tomando en cuenta tres factores: la robustez, el ingenio y la recuperación. Para lograr la resiliencia en infraestructuras críticas, fundamentalmente se requiere desarrollar la robustez en electricidad, gas, telecomunicaciones, tecnologías de información, agua, aguas servidas, transporte y productos críticos. A fin de facilitar la toma de decisiones respecto a los niveles de resiliencia en infraestructuras que deben tener en cuenta las poblaciones, se desarrolla un índice que facilite la toma de decisiones.

La robustez (Martin y Sunley, 2013) en las infraestructuras críticas es esencial (Bruneau et al., 2003), pues permite al sistema establecer módulos básicos de operación, así como redundancia a través de subsistemas que pueden reemplazar infraestructuras colapsadas. Toda infraestructura crítica debe operar en estados de incertidumbre y crisis, es decir, fuera de la normalidad. Si esto no es posible, debe tener la posibilidad de eventualmente ser reemplazada por otra mientras el sistema se reconfigura y se estabiliza. La robustez de las infraestructuras debe considerar el tipo y la magnitud del impacto

físico, ya que esto condicionará el tiempo en que estas se restablezcan plenamente (Bruneau et al., 2003).

Kusumastuti et al. (2014) identifican tres aspectos que el análisis de la resiliencia en la dimensión de infraestructuras debe considerar. Estos son: infraestructura crítica, vivienda y redes de transporte. El primero se relaciona con los servicios básicos, el segundo con las condiciones de la vivienda y su acceso a los diferentes servicios urbanos, mientras que el tercero se relaciona con el tamaño de las carreteras y las facilidades de transporte que presenta el territorio.

A manera de síntesis, los aspectos más relevantes en torno a la dimensión infraestructuras que se relacionan con el concepto de resiliencia están supeditados a cuatro componentes (Figura 2.5): la infraestructura crítica, que exige estructuras modulares básicas que entren en acción cuando el sistema ha sido perturbado y sacado de su estado de equilibrio; las características de la infraestructura de vivienda; la infraestructura económica que permita la actividad productiva y comercial; y las vías de comunicación, que permiten establecer conexiones con otras regiones, no solo para viabilizar procesos de evacuación (si fuesen necesarios), sino también para generar relaciones sociales y comerciales.

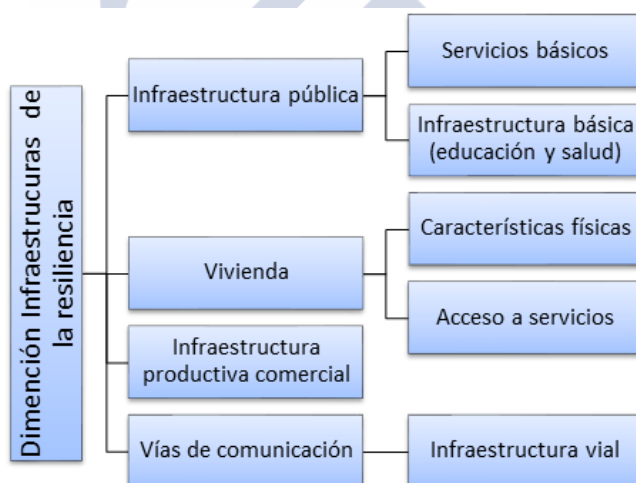


Figura 2.5 Estructura de la dimensión infraestructura de la resiliencia territorial  
Fuente: Elaboración a partir de Kusumastuti et al., (2014)

### 2.6.5 Dimensión ecológica de la resiliencia

La ecología probablemente es la ciencia que ha permitido los mayores desarrollos conceptuales de la resiliencia. Desde los primeros trabajos de Holling (1973) ha sido identificada como un proceso de la dinámica de los sistemas complejos. El establecimiento del modelo heurístico de panarquía por parte de Gunderson y Holling (2002) facilitó la comprensión de conceptos como conectividad, resiliencia y capital acumulado. La utilidad del concepto de panarquía ha permitido entender el papel del cambio en los diversos sistemas ecológicos y sociales, así como sus diversas interacciones (Gunderson y Holling, 2004).

El trabajo sobre los sistemas socioecológicos desarrollado por Walker y Salt entre 2006 y 2012 identifica dos tipos de resiliencia, una específica y otra general. La primera tiene relación con las dimensiones específicas del sistema y con cómo estas se comportan frente a

una perturbación determinada, y la segunda se determina como la capacidad de todo el sistema que le permite absorber las perturbaciones de todo tipo, manteniendo su funcionamiento integral. La integración de ambos enfoques es evidente desde un punto de vista conceptual. Un sistema socioecológico está compuesto por varios subsistemas (Figura 2.6) sobre los cuales podemos tener impactos no deseados y donde la resiliencia específica actuará para mantener sus condiciones funcionales. Ahora bien, si el sistema está preparado para soportar ciertos tipos de perturbaciones (específicas), será resiliente solo a estas; pero si aparecen otras que no fueron contempladas, tiene el riesgo de colapsar, ya que el daño en uno de sus subsistemas puede generar cambios irreversibles. Por consiguiente, el análisis y la gestión de la resiliencia específica en diversas dimensiones contribuyen a la resiliencia general.

La biodiversidad presente en los ecosistemas es la primera fuente de resiliencia ecológica (Peterson et al., 1998); es decir, la gama de organismos y las funciones que cumplen las diferentes especies dentro de un ecosistema (Gunderson, 2009) permiten mantenerlo en un proceso de evolución continua. A partir de la dinámica de los ecosistemas, se ha podido identificar una serie de capacidades que han sido adoptadas por los sistemas sociales, económicos, comunitarios, etc. Así: la autoorganización, la adaptabilidad, el aprendizaje y la transformación (Adger, et al., 2005; Boschma, 2005; Gunderson y Holling, 2002; Pike et al., 2010; Walker et al., 2004). De igual manera, nacen factores que son críticos para la evaluación de la resiliencia, como son la redundancia (Walker, 1992), la diversidad (Folke et al., 1996), la apertura (Walker y Salt, 2012) y la modularidad (Holland, 2006). Todos estos elementos permiten construir una estructura de análisis que será válida en el estudio de la resiliencia territorial, donde el carácter es holístico e incluye varias dimensiones.



*Figura 2.6* Dimensiones de la resiliencia en zonas afectadas por desastres de origen natural

*Nota:* La resiliencia específica presente en cada una de las dimensiones -ecológica, social, económica, institucional e infraestructura- interactúa con el sistema y permite la resiliencia general del sistema local y/o regional.

Fuente: Elaboración a partir del análisis multidimensional de Cutter et al. (2008) y otros.

Respecto a los elementos de la dimensión ecológica que deben ser considerados en la evaluación de la resiliencia se encuentran propuestas como las de Cutter et al. (2008) y Adger et al. (2005) donde se plantea aspectos relacionados con la erosión, superficies de cultivo, los niveles de exposición y sensibilidad a peligros, así como otros elementos relacionados con las vulnerabilidades físicas que pueden identificarse en un determinado territorio. Más allá de estos aspectos, el desarrollo teórico alcanzado entorno a los sistemas ecológicos permite establecer las propiedades y los factores que son críticos para la evaluación de la resiliencia como un proceso que parte de los sistemas adaptativos complejos.





## CAPÍTULO III. MEDICIÓN DE LA RESILIENCIA

### 3.1 INTRODUCCIÓN

El que la resiliencia sea un concepto en construcción abre un abanico de posibilidades en su tratamiento metodológico. La medición de la resiliencia se ha convertido en un reto académico y científico que parte desde el propio concepto visto desde el mundo de la simplificación determinista o la complejidad del indeterminismo. Los enfoques son diversos, por lo que un trabajo de investigación requiere una delimitación metodológica urgente.

Resaltando la controversia que existe en el campo de estudio de la medición de la resiliencia, es importante considerar que el enfoque determinista, en la mayoría de los casos, exige datos de cohorte longitudinal que no siempre están disponibles, más aún cuando los estudios empíricos se centran en países en vías de desarrollo; por lo que estudios de corte transversal suelen ser una opción en el tratamiento de varias variables que buscan comprender un determinado fenómeno en un momento determinado.

El objetivo que persigue este capítulo sobre lo expuesto, es identificar las diferentes métricas y variables relacionadas con la resiliencia para contextualizar en ese entorno teórico una propuesta de medición que responda a los requerimientos de complejidad y jerarquía que definen el paradigma científico de esta investigación. Un enfoque mixto de cuantificación y cualificación de las variables que están presentes en el proceso de la resiliencia en los SAC, deja el espacio para que herramientas metodológicas como el análisis jerárquico multicriterio discreto pueda ser considerado.

El análisis jerárquico multicriterio (*Analytic Hierarchy Process, AHP*) se identifica como una herramienta para tratar problemas de naturaleza compleja. La resiliencia ha sido considerada por algunos investigadores como su objeto de estudio bajo esta metodología. Los resultados de las investigaciones en las que se aplica el AHP en el estudio de la resiliencia han definido métricas con capacidad de contraste; sin embargo, el principal problema es que, al ser una herramienta metodológica que se basa en criterios de expertos, no considera los niveles de incertidumbre, imprecisión o vaguedad inherente a ellos, por lo que la lógica difusa es un complemento adecuado para su tratamiento (*Fuzzy AHP*). Así es posible proponer un estudio empírico de naturaleza compleja sobre la resiliencia que incorpore varios criterios cuya incidencia esté sujeta a la incertidumbre de sus decisores.

Del análisis de la literatura científica relacionada con la resiliencia y la observación en zonas afectadas por desastres, en los que su recuperación ha sido posible, se pueden identificar los criterios para ser agrupados en dimensiones tales como: ecológica, económico-regional, económico-empresarial, institucional, de infraestructura, sociorregional, sociocomunitario y experiencial. A pesar de que la metodología adoptada para este estudio permite el tratamiento de varios criterios, es necesaria su racionalización con el fin de generar un modelo de análisis multidimensional basado en *Fuzzy AHP* que sea robusto y consistente. En los próximos apartados se abordará el enfoque de la medición de la resiliencia que será utilizado en este trabajo, así como las variables que de fuentes primarias y secundarias han sido identificadas.



### 3.2 ENFOQUES PARA LA MEDICIÓN DE LA RESILIENCIA

La teoría de la resiliencia se ha centrado en las definiciones conceptuales que tuvieron orígenes en distintas áreas científicas durante finales del siglo XX (Arrow et al., 1995; Garmezy, 1974; Holling, 1973; Pimm, 1984; Rutter, 1993). Un proceso de consolidación conceptual, aún no logrado, y una diversificación del estudio de la resiliencia en diversas áreas de investigación ha tenido lugar en los últimos quince años (Hossein et al., 2015). A la par de la determinación de características, factores críticos, capacidades, etc., se han venido desarrollando propuestas metodológicas para medir la resiliencia, ajustándose a diversas aplicaciones. Hossein et al. (2015), por ejemplo, construyen un *cluster* basado en estas, donde se identifican cuatro grandes grupos: psicología-psiquiatría, medio ambiente-ecología, medicina e ingeniería. A la vez, los resultados de la revisión teórico-metodológica ubican la mayor parte de los estudios dentro de un enfoque cuantitativo (alrededor del 75%), clasificándolos entre métricas generales y modelamiento. Las propuestas cualitativas son menores y se clasifican en enfoques conceptuales y semicuantitativos (Figura 3.1). Es importante destacar que en el estudio referido no se consideró la diversidad de metodologías desarrolladas en el campo de la psicología, que son numerosas y tienen un mayor recorrido en tono a aplicaciones empíricas, en su mayoría de orientación semicuantitativa (Ahern et al., 2006; Windle et al., 2011).

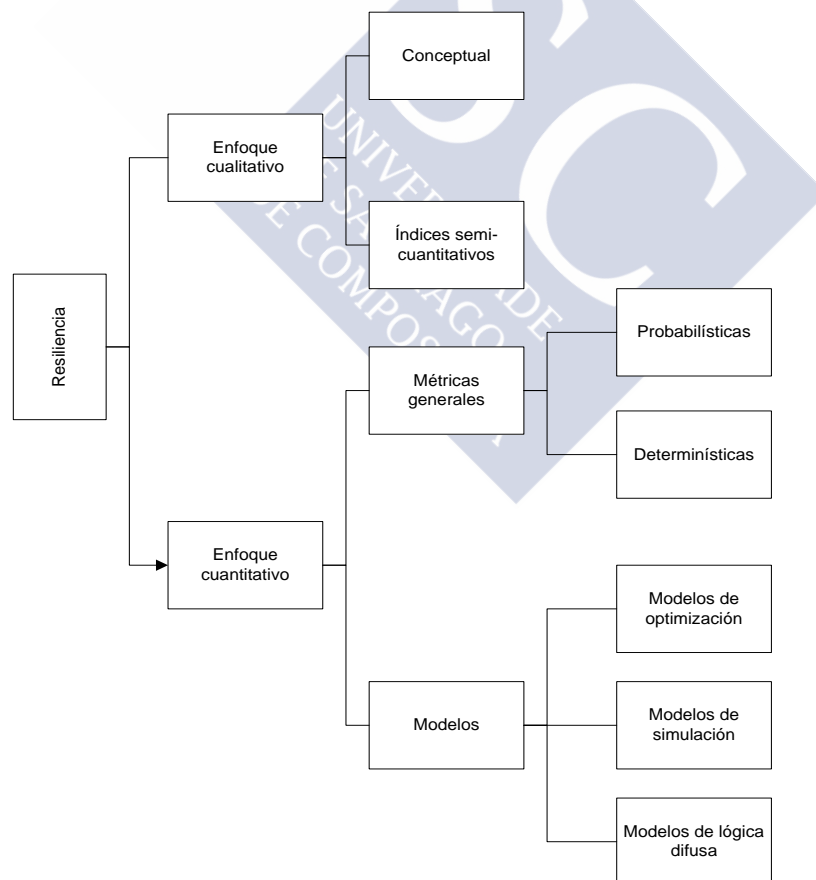


Figura 3.1. Enfoque cualitativo y cuantitativo de la resiliencia  
Fuente: Elaborado a partir de Hossein et al. (2015)

Por otra parte, Gall (2013) plantea una clasificación que considera cuatro enfoques (Figura 3.2): basado en los *outputs*, basado en los *inputs*, basado en el análisis de escenarios y basado en los sistemas complejos, los cuales pueden ser abordados a través de metodologías de corte cualitativo o cuantitativo. Sobre la evaluación de la resiliencia dentro de los sistemas adaptativos complejos aún no existe una propuesta definitiva; sin embargo, se han realizado esfuerzos por abordarla desde la teoría de la probabilidad, la indexación y las clasificaciones cualitativas, todas ellas con limitaciones ya que no consideran de manera integral las características de los SAC (Gall, 2013). Algunas metodologías han sido propuestas bajo esquemas estáticos, probablemente por la complejidad inherente a los sistemas adaptativos, que involucran diversidad de variables cuyos datos tienen limitaciones en su capacidad predictiva o son escasos.

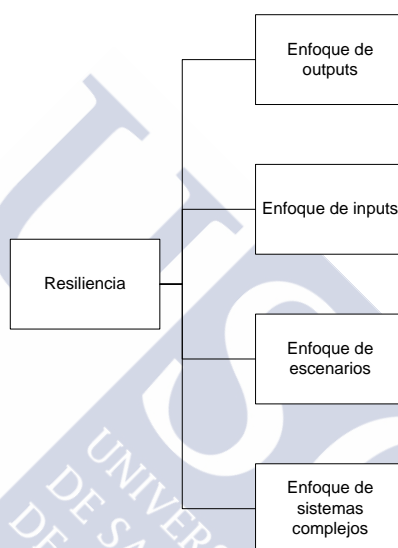


Figura 3.2 Medición de la resiliencia bajo modelo de Gall  
Fuente: Gall (2013).

Si se tiene en consideración el método científico, se puede clasificar las herramientas metodológicas para el estudio de la resiliencia, fundamentalmente en dos grandes grupos: deterministas e indeterministas. El primero parte de la visión de la ciencia divisible que busca explicar la realidad de los fenómenos (Descartes, 1637), mientras que en el segundo considera al mundo como un sistema complejo donde el objetivo es la comprensión de los fenómenos que en él se presentan (Morín, 1994); las herramientas metodológicas que se apliquen en la medición de la resiliencia observarán esta condición. Dentro de este contexto la matemática clásica de los sistemas dinámicos se ve limitada para abordar los SAC donde la no – linealidad, emergencia, auto – organización e irreversibilidad son características.

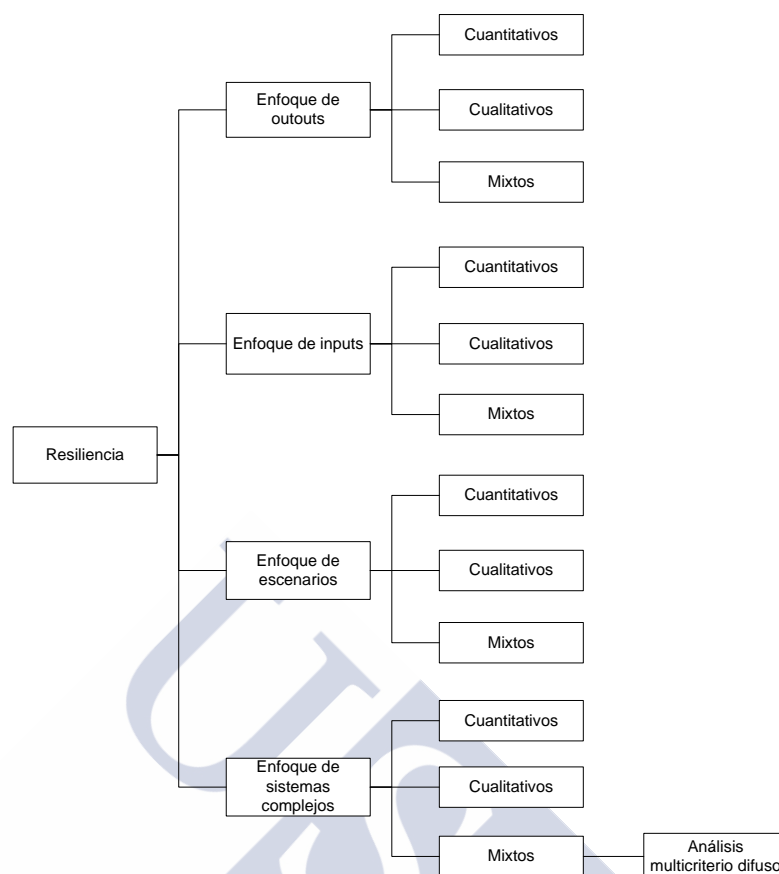
Si se tiene en consideración el método científico, se pueden clasificar las herramientas metodológicas para el estudio de la resiliencia fundamentalmente en dos grandes grupos: deterministas e indeterministas. El primero parte de la visión de la ciencia divisible que busca explicar la realidad de los fenómenos (Descartes, 1637), mientras que el segundo considera el mundo como un sistema complejo donde el objetivo es la comprensión de los fenómenos que en él se presentan (Morín, 1994); las herramientas metodológicas que se apliquen en la medición de la resiliencia observarán esta condición. Dentro de este contexto, la matemática

clásica de los sistemas dinámicos se ve limitada para abordar los SAC, donde la no-linealidad, emergencia, autoorganización e irreversibilidad son características.

Maldonado (2008) plantea que las matemáticas de la complejidad son cualitativas, ya que su comprensión exige un amplio número de grados de libertad para tratar los sistemas y fenómenos; a mayor grado de libertad mayor complejidad. No se deja de lado la posibilidad de tener una comprensión cuantitativa de la realidad, por lo que se abre espacio para ciertas interpretaciones. Entre los métodos analíticos que se han utilizado se pueden encontrar: redes booleanas, exponentes de Lyapunov, mapas iterativos (lineales, no lineales y cuadráticos), constante de Lotka-Volterra, fractales, toros y atractores, teoría de grafos, lógica difusa, autómatas celulares, algoritmos genéticos y la vida artificial (Bar-Yam, 1997; Maldonado, 2008).

Las clasificaciones propuestas por Gall (2013) y Hossein et al. (2015) pueden complementarse y servir como estructura de organización a las diferentes técnicas que se han desarrollando en los últimos años, las cuales pueden responder a corrientes deterministas o indeterministas. Dentro de este contexto, el enfoque de los sistemas complejos presenta importantes perspectivas de desarrollo (Allen et al., 2014) y es la vía por donde se encamina el presente estudio. En este trabajo se proponen métodos basados en lógica difusa y análisis multicriterio, los mismos que se combinan para resolver problemas complejos (Kahraman, 2008) donde es necesario tomar decisiones en entornos de incertidumbre (Ekel et al., 2008; Fenton y Wang, 2006). El análisis multicriterio es una técnica mixta diseñada para tomar decisiones en este tipo de escenarios (Saaty, 1990); permite la evaluación de varias variables (criterios) que, luego de ser jerarquizadas, son utilizadas para la toma de decisiones.

Sobre la base de la propuesta de enfoques de Gall (2013), y tomando en cuenta las características de las herramientas metodológicas en el campo de la investigación (Hernández y Fernández-Collado, 2006), se esboza la siguiente clasificación:



**Figura 3.3** Propuesta de clasificación de métricas de la resiliencia  
 Fuente: Elaborado a partir de Gall (2013) y Hernández y Fernández-Colado (2006)

Respecto a las aplicaciones del análisis multicriterio y la resiliencia, se pueden identificar dos estudios relevantes, el primero desarrollado por Orencio y Fujii (2013), donde analizan la resiliencia de una comunidad costera frente a un desastre, se definen y jerarquizan cuatro grupos de variables relacionadas con la gestión del medio ambiente y los recursos naturales, medios de vida, protección social y régimen de planificación; para el proceso de jerarquización se aplica la técnica *Delphi* a expertos y tomadores de decisiones; el resultado es un índice que habilita la comprensión de la dinámica de la resiliencia con el fin de diseñar políticas que disminuyan la vulnerabilidad del territorio frente a perturbaciones de origen natural. Un segundo estudio aplicado a Indonesia es propuesto por Kusumastuti et al. (2014). Analiza seis grupos de criterios (dimensiones o variables): sociales, económicos, capacidades comunitarias, infraestructura, capacidades instituciones y peligros; se construye sobre la base de la propuesta de Cutter et al. (2008), incorporando el tipo, la frecuencia y la severidad de los peligros que pueden afectar a una región; el resultado que se obtiene de este estudio nuevamente es un índice compuesto que contribuye a facilitar la toma de decisiones en la gestión de desastres.

Si bien el análisis multicriterio es una herramienta que permite analizar problemas de naturaleza compleja (Hernández & Vázquez, 2010), la evaluación de criterios por parte de los expertos en su forma básica presenta incertidumbre debido a la imprecisión o vaguedad inherente a la información (Kahraman, 2008), dificultando el modelamiento matemático. Para hacer frente a estos problemas, Zadeh(1965) propuso la teoría de conjuntos difusos como una

herramienta de modelado de sistemas complejos. Esta amplía las posibilidades dadas por la lógica booleana de que un enunciado simplemente sea verdadero o falso, permitiendo valores intermedios que son más adecuados a la subjetividad humana. La introducción de conjuntos difusos en el campo de la toma de decisiones multicriterio fue propuesta por Bellman y Zadeh (1970) y Zimmermann (1978), permitiendo así el desarrollo de una serie de métodos que abordan problemas en entornos difusos.

Sobre las aplicaciones en la evaluación de la resiliencia utilizando métodos relacionados con la lógica difusa, Hossein et al. (2015) han identificado algunos casos: el modelado difuso utilizando variables lingüísticas para determinar la importancia relativa de la resiliencia organizacional, en el trabajo de Aleksic et al. (2013); la aplicación de mapas cognitivos difusos con el objetivo de evaluar la resiliencia de ingeniería describiendo el razonamiento causal entre nueve factores, en un estudio orientado a la gestión de la seguridad convencional en una planta petroquímica propuesto por Azadeh et al. (2014); el uso de la lógica difusa para analizar la resiliencia en la arquitectura de un sistema y sus infraestructuras críticas, desarrollado por Muller (2012).

El uso de AHP (*Analytic Hierarchy Process*) en combinación con la lógica difusa es propuesto como herramienta metodológica para abordar la complejidad de la resiliencia, respondiendo así a los objetivos establecidos en la presente investigación sobre la identificación y jerarquización de las distintas variables que la literatura científica y estudios empíricos han llegado a establecer en los últimos veinte años.

### 3.3 VARIABLES DE ANÁLISIS DE LA RESILIENCIA

La definición de variables que intervienen en el estudio de la resiliencia es amplia y exige un proceso de sistematización. Probablemente la propuesta de Cutter et al. (2010), donde las agrupa en seis dimensiones, sea una de las más utilizadas en el estudio de la resiliencia de las comunidades afectadas por desastres. Sin embargo, las experiencias de los últimos años, de manera especial en países en vías de desarrollo que han sufrido el impacto de grandes catástrofes, han ido incorporando nuevos elementos de análisis (Harrión y Williams, 2016; León y March, 2014; Marcucci, 2014) que están cuestionando las variables identificadas en estudios como el señalado.

Por lo expuesto, a través de la revisión de la literatura científica que considera propuestas teóricas, modelos heurísticos y el resultado de estudios empíricos que van desde aplicaciones deterministas cuantitativas a indeterministas cualitativas, en este trabajo se recopila la mayor cantidad de variables, que entregan una visión general que en primera instancia dan respuesta a *qué variables del sistema promueven la resiliencia*, dejando las interrogantes de cuáles son las variables más importantes en el análisis de la resiliencia y qué variables impulsan el cambio y las nuevas tendencias, para un tratamiento metodológico posterior.

Una de las principales limitaciones de los modelos deterministas está en la calidad de la información. La gran mayoría de ellos requiere de datos de cohorte longitudinal para explicar el fenómeno objeto de estudio, en este caso la resiliencia. En realidad, y de manera especial en el caso de países con economías en desarrollo, obtener datos históricos es una tarea difícil y en muchos casos imposible. Si bien se cuenta con algunos

indicadores *macro* definidos por organismos internacionales como CEPAL, FMI, BM, OEA, NNUU, etc., a nivel *micro* estos son deficientes, lo que dificulta cualquier tipo de estudio. Dentro de este contexto, la investigación de la resiliencia se ve obligada a tomar en consideración tanto información cuantitativa como información cualitativa de corte longitudinal y transversal.

Sobre la base de lo expuesto a continuación se identifican 103 criterios que se distribuyen en ocho dimensiones: económico-regional, económico-empresarial, ecológica, socio regional, sociocomunitaria, institucional, infraestructura y experiencial. En el enfoque económico se identifican 31 criterios que son abordados en dos niveles, el primero es de contexto regional y el segundo a nivel de empresa individual (Rose y Liao, 2005). Por otro lado, en el enfoque social se identifican 46 criterios que son abordados en tres niveles: los dos primeros, socio regional y sociocomunitario, toman como referencia lo propuesto por Cutter et al. (2008) y un tercer nivel experiencial analiza la conducta adoptada por el individuo, la comunidad y las instituciones frente a eventos catastróficos, como señalan Orencio y Fujii (2013), Shaw et al. (2014) y Tierney y Bruneau (2007).

La selección de los 103 criterios ha considerado los trabajos enfocados en la resiliencia en respuesta a eventos catastróficos en diferentes zonas geográficas, haciendo hincapié en aquellas relacionadas con comunidades y grupos de personas que han sido afectadas principalmente por desastres de origen natural. El estudio considera cada dimensión dentro de una escala de análisis determinado. Las escalas hacen referencia al modelo heurístico de panarquía. Como se puede ver en la Figura 3.4, los ciclos panárquicos que representan cada dimensión se interrelacionan y alimentan al ciclo superior (región) con acciones que facilitan los procesos de destrucción creativa y la reorganización del sistema local/regional, luego de que este ha sido afectado por un evento disruptivo; en este caso la resiliencia es mínima y permite, a través de las estructuras modulares, la diversidad, la redundancia y la apertura que promueven algunas variables del sistema (variables sociales, económicas, de infraestructura e institucionales), su innovación y evolución.



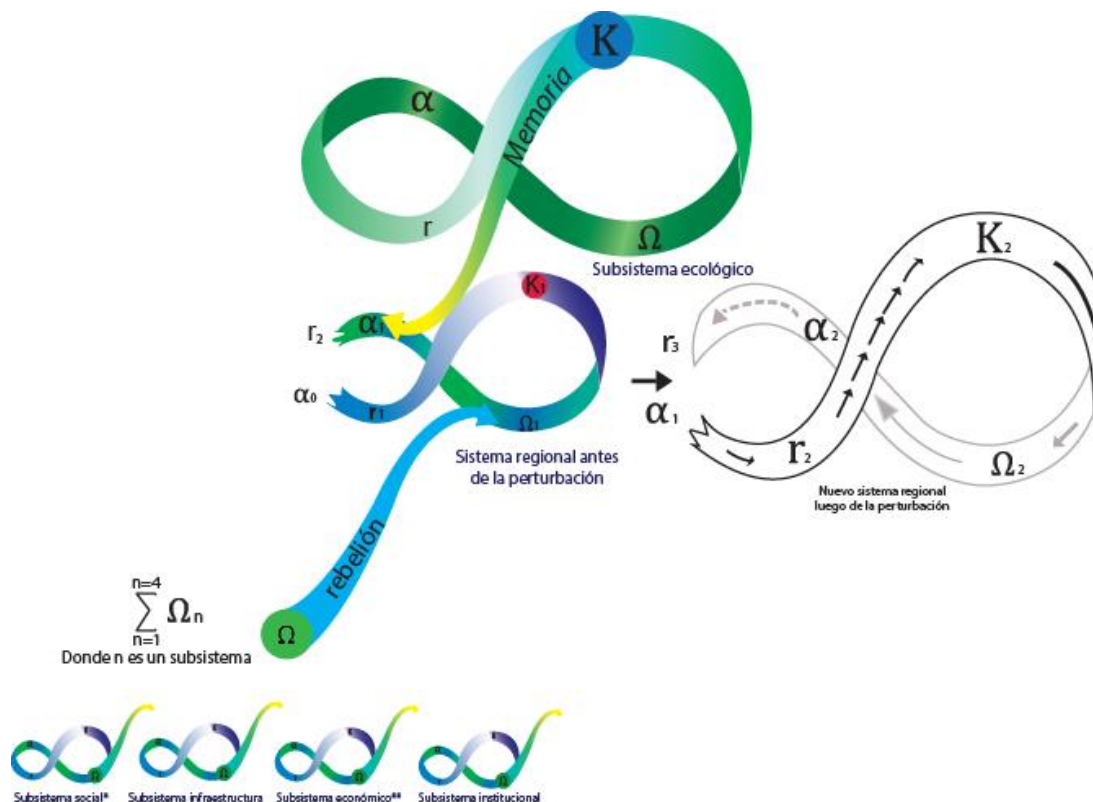


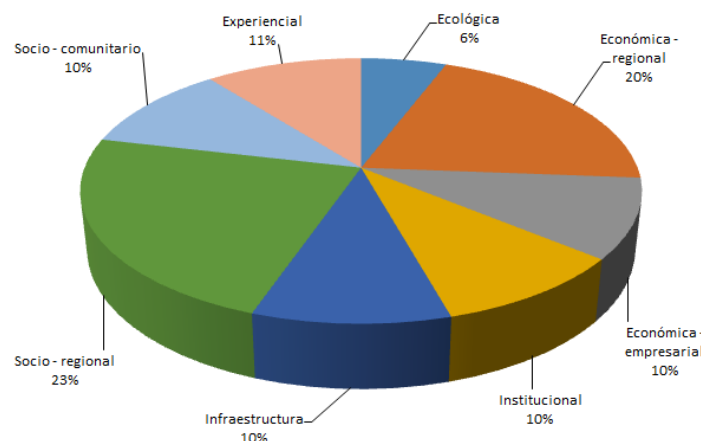
Figura 3.4 Interacción escalar en el modelo de panarquía en los sistemas socio - ecológicos

Fuente: Elaborado a partir de Gunderson y Holling (2002) y Walker y Salt (2012)

Nota: \* El subsistema social considera las dimensiones sociorregional, sociocomunitaria y experiencial. \*\* El subsistema económico considera las dimensiones económico-regional y económico-empresarial. K1 es el momento de la disrupción, un evento precipita al sistema a la fase Ω.

La dimensión ecológica proporcionará en estos casos elementos de memoria que permiten la adaptación de los sistemas humanos a su entorno natural, estén o no alterados (por ejemplo una alteración debido a un desastre de origen natural), mientras que los demás ciclos, relacionados con los sistemas humanos, generarán los disparadores de cambio adaptativo gracias a tres características esenciales: la previsión, la comunicación y la tecnología (Gunderson y Holling, 2002); así, la panarquía conserva la capacidad de crear, probar y mantener la capacidad de adaptación.

El análisis de literatura académica y la opinión de experto han sido la base para agrupar 103 criterios en ocho dimensiones (Gráfica 3.1): 6 en ecología, 21 en económico-regional, 10 en económico-empresarial, 10 en institucional, 10 en infraestructura, 24 en sociorregional, 11 en sociocomunitario y 11 en la dimensión experiencial.



Gráfica 3.1 Composición por dimensiones de los criterios relacionados con la resiliencia  
Fuente: Elaborado a partir de cuadro resumen de variables

Los criterios que corresponden a la dimensión ecológica constan en el Cuadro 3.1, así como las respectivas fuentes que sustentan su uso como parte del estudio de la resiliencia.

Cuadro 3.1 Criterios de la dimensión ecológica de la resiliencia

ORD	Variable base	Indicador	Fuente
1	<b>Vulnerabilidad natural</b>	Riesgo de amenaza natural	Cox, 2012; D'Ercole y Trujillo, 2003; The Heinz Center, 2002; Stolker, 2008.
2	<b>Biodiversidad</b>	Biodiversidad ecológica.	Angeion y Bates, 2015; Cutter et al., 2008; Peterson et al., 1998; Walker, 1992.
3	<b>Biodiversidad</b>	Áreas protegidas	Angeion y Bates, 2015; Cutter et al., 2008; Gotts, 2007; Holling, 1992.
4	<b>Agrícola</b>	Erosión	Ainuddin y Routray, 2012
5	<b>Agrícola</b>	Frontera de producción	Herrera y Rodríguez, 2015
6	<b>Agrícola</b>	Superficies de cultivo	Ainuddin y Routray, 2012; Uy et al, 2011

Fuente: Elaborado a partir de los autores citados

Nota: Fuente Herrera y Rodríguez (2015), se relaciona con investigación de campo.

La dimensión económica – regional consta de 21 variables y se presentan en el Cuadro 3.2.

Cuadro 3.2. Criterios de la dimensión económica regional de la resiliencia

ORD	Variable base	Indicador	Fuente
1	<b>Estructura económica</b>	Pobreza	Carpenter, 2014; Ifejika et al., 2014; Norris et al., 2008; Morrow, 2008; Rodina-Taylor et al., 2012; Tierney y Bruneau, 2007.
2	<b>Estructura económica</b>	Equidad de ingreso	Augustine et al., 2013; Cutter et al., 2010; Östh et al., 2015; Sherrieb et al, 2010.
3	<b>Estructura económica</b>	Empleo por sectores	Adger, 2000; Berke y Campanella, 2006; Cutter et al., 2010.
4	<b>Estructura económica</b>	Empleo	Briguglio et al., 2009; Kusumastuti et al., 2014; Mileti, 1999
6	<b>Estructura económica</b>	Diversidad económica	Andersen y Cardona, 2014; Augustine et al., 2013; Martin y Sunley, 2013; Sherrieb et al, 2010
7	<b>Estructura económica</b>	Empleo femenino	National Research Council, 2006

Fuente: Elaborado a partir de los autores citados

Nota: Fuente Herrera y Rodríguez (2015), se relaciona con investigación de campo.

Cuadro 3.2. *Continuación*

8	<b>Estructura económica</b>	Dependencia económica	Ifejika et al., 2014; The Heinz Center, 2002.
9	<b>Renta y consumo</b>	Asequibilidad regional	Augustine et al., 2013; Östh et al., 2013
5	<b>Vivienda</b>	Propiedad de la vivienda	Cutter et al., 2008; Norris, et al., 2008
10	<b>Logística</b>	Abastecimiento	Garmestani et al., 2006.
11	<b>Vulnerabilidad económica</b>	Vulnerabilidad económica	Angeon y Bates, 2015; Rygel et al., 2006.
12	<b>Vivienda</b>	Propiedad de vivienda por raza	Cutter et al., 2008; Norris et al., 2008
13	<b>Renta y consumo</b>	Consumo promedio de los hogares	Adger, 2006; Angeion y Bates, 2015; Morrow, 2008
14	<b>Inflación</b>	Inflación	Briguglio, et al., 2009; Cutter, 2014
15	<b>Renta y consumo</b>	Endeudamiento	Herrera y Rodríguez, 2015; Miles y Chang, 2006
16	<b>Renta y consumo</b>	Ingreso	Constantino y Dávila, 2011; Gallopin, 2006; Rose y Liao, 2005; Scheffran et al., 2012; Uy et al., 2011
17	<b>Renta y consumo</b>	Precios de bienes y servicios	Angeon y Bates, 2015; Perrings, 2006
18	<b>Estructura económica</b>	Actividad laboral	Cinner y Fuentes, 2009; Walker et al., 2004
19	<b>Estructura económica</b>	Vulnerabilidad económica en producción agrícola	United Nations, 2008
20	<b>Movilidad</b>	Movilización	Ainuddin y Routray, 2012; Kusumastuti et al., 2014
21	<b>Impuestos</b>	Crecimiento económico	Angeion y Bates, 2015

En la dimensión económica – empresarial se identifican 10 criterios que se detallan a continuación:

Cuadro 3.3 *Criterios de la dimensión económica empresarial de la resiliencia*

ORD	Variable base	Indicador	Fuente
1	<b>Emprendimiento</b>	Visión empresarial	McManus et al., 2007
2	<b>Emprendimiento</b>	Emprendimiento	Ayala y Manzano, 2014; Bosma et al., 2012; Cowell, 2013.
3	<b>Ambiente empresarial</b>	Ambiente empresarial	Augustine et al., 2013
4	<b>Emprendimiento</b>	Comportamiento de la empresa frente al desastre	Herrera y Rodríguez, 2015
5	<b>Estructura económica</b>	Actividad empresarial femenina	Ayala y Manzano, 2014; Herrera y Rodríguez, 2015
6	<b>Emprendimiento</b>	Consciencia económica.	McManus et al., 2007

Fuente: Elaborado a partir de los autores citados

*Nota:* Fuente Herrera y Rodríguez (2015), se relaciona con investigación de campo.

Cuadro 3.3. *Continuación*

7	<b>Estructura económica</b>	Tamaño de las empresas	Cutter et al, 2010; Garmestani et al., 2006; Norris et al., 2008; Ranjan y Abenayake, 2014
8	<b>Ambiente empresarial</b>	Empresas relacionadas al turismo	Augustine et al., 2013; Berke y Campanella, 2006; Cutter et al., 2010
9	<b>Logística</b>	Reubicación de los negocios	Garmestani et al., 2006; Rose y Krausmann, 2013
10	<b>Estructura económica</b>	Vulnerabilidad económica en exportaciones	Rose y Krausmann, 2013

En la dimensión infraestructura identifican 10 criterios que se presentan en el Cuadro 3.4.

Cuadro 3.4 *Criterios de la dimensión infraestructura de la resiliencia*

ORD	Variable base	Indicador	Fuente
1	<b>Servicios básicos</b>	Servicios básicos	Argonne national laboratory, 2010; Bruneau et al., 2003; Cutter et al., 2010; Chopra y Khanna, 2014; Kusumastuti et al., 2014; Zobel y Khansa, 2014.
2	<b>Infraestructura pública</b>	Infraestructura del sistema de salud	Auf der Heide y Scanlon, 2007; Cinner y Fuentes, 2009; Cannon, 2008; Cutter et al., 2010; Kusumastuti et al., 2014. Zobel y Khansa, 2014.
3	<b>Gestión de riesgos</b>	Monitoreo de desastres	Cinner y Fuentes, 2009; Kusumastuti et al., 2014.
4	<b>Comunicaciones</b>	Cobertura móvil	Colten et al., 2008; Norris et al., 2008
5	<b>Infraestructura pública</b>	Líneas de vida para evacuación y abastecimiento	Herrera y Rodríguez, 2015; National Research Council, 2006, 2015; Miles y Chang, 2006; Rose y Liao, 2005; Ranjan y Abenayake, 2014.
6	<b>Vivienda</b>	Planificación urbana	Martin y Sunley, 2013; National Research Council , 2006; Wang et al., 2012
7	<b>Comunicaciones</b>	Infraestructura del sistema de comunicaciones	Pant et al., 2014; Sterbenz et al., 2010
8	<b>Vivienda</b>	Antigüedad de edificaciones	Carpenter, 2014; Cutter et al., 2008; Mileti, 1999; Ranjan y Abenayake, 2014
9	<b>Comunicaciones</b>	Sistema de comunicación Internet	Angeion y Bates , 2015; Pant et al., 2014; Sterbenz et al., 2010.
10	<b>Infraestructura pública</b>	Infraestructura del sistema educativo	Cannon, 2008; Cinner y Fuentes, 2009; Tierney y Bruneau, 2007

Fuente: Elaborado a partir de los autores citados

*Nota:* Fuente Herrera y Rodríguez (2015), se relaciona con investigación de campo.

En la dimensión institucional se han considerado 10 criterios de base, los cuales constan en el Cuadro 3.5.

Cuadro 3.5 *Criterios de la dimensión institucional de la resiliencia*

ORD	Variable base	Indicador	Fuente
1	<b>Gestión de riesgos</b>	Prevención	Buckle et al. 1997; Kusumastuti et al., 2014; Tierney et al., 2001
2	<b>Gestión de riesgos</b>	Mitigación de riesgos	Becken y Hughey, 2013; Burby et al., 2000; Cutter et al., 2010; Godschalk, 2003; Chakraborty et al, 2005.
3	<b>Gestión de riesgos</b>	Planes de emergencia institucional	Herrera y Rodríguez, 2015
4	<b>Gestión de riesgos</b>	Conocimiento de planes de emergencia (empresas)	Herrera y Rodríguez, 2015

Fuente: Elaborado a partir de los autores citados

*Nota:* Fuente Herrera y Rodríguez (2015), se relaciona con investigación de campo.

Cuadro 3.5. *Continuación*

5	<b>Gestión de riesgos</b>	Coordinación institucional	Bruneau et al., 2003; Cutter et al., 2010; Chakraborty et al, 2005; Godschalk, 2003; Herrera y Rodríguez, 2015; Kusumastuti et al., 2014; Tierney y Bruneau, 2007.
6	<b>Gestión de riesgos</b>	Participación empresarial en simulacros.	Herrera y Rodríguez, 2015, Kusumastuti et al., 2014
7	<b>Institucionalidad</b>	Gobernabilidad	Norris et al., 2008
8	<b>Gasto público</b>	Gasto en servicios de emergencia	Sylves, 2007
9	<b>Comunicaciones</b>	Libertades	Angeion y Bates, 2015
10	<b>Institucionalidad</b>	Confianza en el sistema de justicia.	Angeion y Bates, 2015

En la dimensión socio – regional se identifican 24 criterios que se listan a continuación:

Cuadro 3.6 *Criterios de la dimensión socio regional de la resiliencia*

ORD	Variable base	Indicador	Fuente
1	<b>Educación</b>	Nivel de educación	Cinner y Fuentes, 2009; Cutter et al., 2010; Ifejika et al., 2014.
2	<b>Demografía</b>	Edad de la población	Cutter et al, 2010; Morrow, 2008; Windel et al., 2011
3	<b>Necesidades especiales</b>	Discapacidades	Cutter et a.,2010; The Heinz Center, 2002
4	<b>Demografía</b>	Género	Cutter, et al., 2008; Plummer y Armitage, 2007
5	<b>Educación</b>	Educación básica	Cutter, et al. 2008 ; Kusumastuti et al., 2014; Norris et al. 2008
6	<b>Demografía</b>	Ocupación	Cutter et al., 2008; Plummer y Armitage, 2007
7	<b>Identidad territorial</b>	Identidad	Bruyelle et al., 2014; Cannon, 2008; Cavallo y Ireland, 2014; Cutter et al., 2010; Herrera y Rodríguez, 2015
8	<b>Salud</b>	Cobertura de seguro de salud	Augustine et al., 2013; Cutter et al., 2010
9	<b>Salud</b>	Cobertura médica	Norris et al. 2008
10	<b>Religión</b>	Influencia religiosa	Berkes y Ross, 2013; Herrera y Rodríguez, 2015
11	<b>Identidad territorial</b>	Identidad del empresario con el territorio	Bruyelle et al, 2014; Herrera y Rodríguez, 2015
12	<b>Vulnerabilidad social</b>	Vulnerabilidad social	Morrow, 2008; Cutter et al., 2008; Tierney y Bruneau, 2007
13	<b>Criminalidad</b>	Criminalidad	Colten et al., 2008; Kusumastuti et al., 2014
14	<b>Psicográfica</b>	Estilo de vida	Berkes y Ross, 2013; Cinner y Fuentes, 2009
15	<b>Salud</b>	Mortalidad infantil en población de minoría racial	Norris et al., 2008; Sherrieb et al., 2010
16	<b>Gasto público</b>	Gasto escolar	Angeion y Bates, 2015
17	<b>Demografía</b>	Estabilidad poblacional	Cinner y Fuentes, 2009; Vale y Campanella, 2005
19	<b>Educación</b>	Educación secundaria	United Nations, 2008
19	<b>Demografía</b>	Raza	Cutter et al., 2008; Plummer y Armitage, 2007
20	<b>Educación</b>	Resultados escolares.	Angeion y Bates, 2015
21	<b>Migración</b>	Migración extranjera	Herrera y Rodríguez, 2015; Vale y Campanella, 2005

Fuente: Elaborado a partir de los autores citados

Nota: Fuente Herrera y Rodríguez (2015), se relaciona con investigación de campo.

Cuadro 3.5. *Continuación*

22	<b>Gasto público</b>	Gasto en salud	Angeion y Bates, 2015
23	<b>Institucionalidad</b>	Cumplimiento de normas y reglamentos	Cinner y Fuentes, 2009
24	<b>Demografía</b>	Familias	Tobin et al., 2011

En la dimensión socio – comunitaria se identifican 11 criterios que se listan a continuación:

Cuadro 3.7 *Criterios de la dimensión socio - comunitaria de la resiliencia*

ORD	Variable base	Indicador	Fuente
1	<b>Psicográfica</b>	Resiliencia individual y comunitaria	Berkes y Ross, 2013; Friborg et al., 2005
2	<b>Redes</b>	Cohesión familiar	Friborg et al., 2005; Herrera y Rodríguez 2015
3	<b>Redes</b>	Cohesión comunitaria	Ainuddin y Routray, 2012
4	<b>Redes</b>	Asociatividad	Buckle et al., 1997; Morrow, 2008; Kusumastuti et al., 2014.
5	<b>Redes</b>	Solidaridad	Herrera y Rodríguez, 2015; Maldonado y Moreno, 2014
6	<b>Redes</b>	Liderazgo	Ainuddin y Routray, 2012; Kusumastuti et al., 2014
7	<b>Institucionalidad</b>	Confianza institucional	Herrera y Rodríguez, 2015
8	<b>Ambiente empresarial</b>	Responsabilidad social	McManus et al., 2007
9	<b>Redes</b>	Asociatividad empresarial	Herrera y Rodríguez, 2015; Simmie y Martin, 2010
10	<b>Institucionalidad</b>	Participación en la toma de decisiones	Cinner y Fuentes, 2009
11	<b>Religión</b>	Filiación religiosa	Morrow, 2008; Tierney, 2009; Tobin et al, 2011

Fuente: Elaborado a partir de los autores citados

*Nota:* Fuente Herrera y Rodríguez (2015), se relaciona con investigación de campo

En la dimensión experiencial se identifican 11 criterios que se listan a continuación:

Cuadro 3.8. *Criterios de la dimensión experiencial de la resiliencia*

ORD	Variable base	Indicador	Fuente
1	<b>Percepción de riesgo</b>	Percepción sobre capacitación en desastres.	Herrera y Rodríguez, 2015; Kusumastuti et al., 2014
2	<b>Percepción de riesgo</b>	Percepción del riesgo.	Ainuddin y Routray, 2012; Herrera y Rodríguez, 2015; Tobin et al., 2012
3	<b>Percepción de riesgo</b>	Seguridad frente a desastres	Herrera y Rodríguez, 2015
4	<b>Percepción de riesgo</b>	Percepción de experiencia en desastres.	Herrera y Rodríguez, 2015
5	<b>Percepción de riesgo</b>	Identificación con el sistema de gestión del riesgos	Herrera y Rodríguez, 2015; Kusumastuti et al., 2014
6	<b>Psicográfica</b>	Expectativas económicas	Buckle et al., 1997; Herrera y Rodríguez, 2015
7	<b>Percepción de riesgo</b>	Afectación a la salud	Tobin et al., 2011
8	<b>Gestión de riesgos</b>	Población afectada por desastres de origen natural	Angeion y Bates, 2015; Kusumastuti et al., 2014
9	<b>Gestión de riesgos</b>	Experiencia en desastres	Cutter et al. 2008; Kusumastuti et al, 2014
10	<b>Percepción de riesgo</b>	Afectación de medios de vida	Cinner y Fuentes, 2009; Jones et al., 2013
11	<b>Logística</b>	Inventarios	Rose y Krausmann, 2013

Fuente: Elaborado a partir de los autores citados

*Nota:* Fuente Herrera y Rodríguez (2015), se relaciona con investigación de campo





## **PARTE II. METODOLOGÍA**





## CAPÍTULO IV.- PROCESO METODOLÓGICO

### 4.1 INTRODUCCIÓN

Lo multidimensional del concepto de resiliencia requiere de un tratamiento metodológico que sea compatible con la complejidad de la interacción de las múltiples variables que están presentes en los sistemas socioecológicos que han sido afectados por desastres de origen natural. El marco teórico hasta el momento tratado genera un conjunto de insumos que deben ser sistematizados y caracterizados para dar respuesta a las interrogantes que se plantean entorno a la resiliencia. Es así que nace la necesidad de establecer un proceso metodológico que con rigor científico pueda cumplir con este objetivo.

El proceso metodológico que se considera para el análisis multidimensional de la resiliencia se propone en tres etapas: la primera parte del análisis teórico de la resiliencia y busca identificar los criterios que serán tratados a lo largo del estudio; la segunda se orienta al análisis metodológico que dimensiona, jerarquiza y estructura el modelo de estudio de la resiliencia; y la tercera etapa establece una aplicación empírica del modelo en una determinada región.

Uno de los componentes fundamentales en el proceso metodológico es el modelamiento multidimensional que aborda a la resiliencia. Inicialmente requiere de un proceso de sistematización de los criterios (103) ya agrupados en las ocho dimensiones propuestas en el Capítulo III. La teoría del AHP limita a un máximo de catorce los criterios que pueden ser evaluados, debido a la pérdida de consistencia de la información que se genera cuando estos superan este valor. Los criterios seleccionados pasan a un proceso de ponderación y jerarquización a través de *Fuzzy AHP*, teniendo como resultado una estructura de análisis para la resiliencia.

Cada uno de los criterios que están caracterizados por la revisión teórica propuesta en esta investigación tiene definido un proceso de evaluación y normalización que le permite incorporarse como insumo del modelo de análisis multidimensional de la resiliencia. Los resultados son la base para la interpretación de la información de forma global o parcial cuando se consideran análisis unidimensionales. Las fuentes de información que se requieren para valorar los criterios en cada una de las dimensiones provienen tanto de fuentes primarias como secundarias.

Las fuentes primarias de información hacen uso de herramientas como la encuesta, la entrevista y la observación. En el primer caso es necesario determinar un diseño muestral que garantice la confiabilidad de la información y sus resultados. En el segundo caso, la entrevista es aplicada a expertos en las diferentes dimensiones de la resiliencia. Por último, y en los casos que sea pertinente, la observación como herramienta metodológica viabilizará la valoración de criterios que requieran evidenciar hechos concretos en la realidad de la región objeto de estudio. Las fuentes secundarias, por otro lado, estarán sujetas a la validez de los organismos oficiales que las respaldan. Así, se tendrán datos censales y resultados de encuestas que tengan incidencia en la región de estudio.

## 4.2 MARCO METODOLÓGICO GENERAL

Los sistemas complejos demandan un enfoque metodológico holístico que sea capaz de abordar variables tanto cualitativas como cuantitativas, que admitan el uso de herramientas para tratar información de diferente índole; es decir, un enfoque mixto (Mertens, 2015) que permita mezclar la lógica inductiva y deductiva en el tratamiento del problema de investigación (Hernández & Fernández-Collado, 2006). Un enfoque metodológico mixto permite una perspectiva más precisa del fenómeno y aborda un problema en sus diferentes niveles (Todd, et al., 2004). Además, logra una perspectiva amplia del mismo: frecuencia, amplitud, magnitud (aportes del enfoque cuantitativo), profundidad y complejidad (aportes del enfoque cualitativo).

El estudio de la resiliencia dentro de un contexto de complejidad es abordado en este trabajo bajo un enfoque mixto en tres etapas (Figura 4.1). En la primera se hace un análisis teórico (enfoque cualitativo) que parte desde la definición de la problemática, identificando objetivos e hipótesis; se continúa con el análisis de la teoría de la resiliencia que identifica las diferentes variables que se relacionan con esta; y se termina con una revisión de las diferentes aplicaciones metodológicas que tratan la resiliencia. La segunda etapa (enfoque mixto) permite el agrupamiento de criterios en ocho dimensiones; estos se jerarquizan en base a la teoría del análisis multicriterio difuso (*Fuzzy AHP*) y permiten diseñar el modelo multidimensional para tratar la resiliencia. La tercera etapa (enfoque mixto) corresponde a la aplicación del modelo con datos empíricos, se define e identifica el sistema regional -el cantón Baños de la provincia de Tungurahua en Ecuador- y se levanta la información para los criterios establecidos en el modelo.

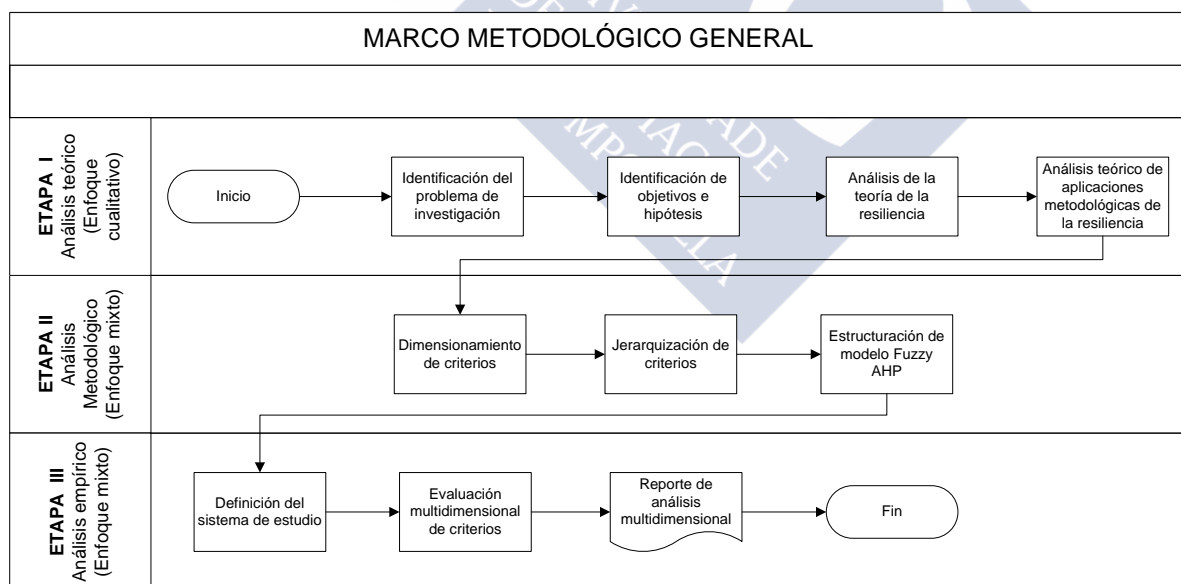


Figura 4.1 Diagrama del marco metodológico general

Fuente: Elaborado a partir de las etapas propuestas para la investigación empírica

### 4.3 METODOLOGÍA PARA EL MODELAMIENTO MULTIDIMENSIONAL

La metodología para la construcción del modelo de análisis multidimensional de la resiliencia (etapa II del marco metodológico general, en la Figura 4.1) a su vez se desarrolla en tres etapas. La primera considera la determinación de criterios seleccionados de un proceso de abstracción de una base de datos construida en función de la literatura científica y entrevistas a expertos<sup>48</sup>. El parámetro de selección incluye un proceso de análisis jerárquico difuso (*Fuzzy AHP*)<sup>49</sup> que prioriza y pondera cinco características de selección (pertinencia, funcionalidad, disponibilidad, confiabilidad y utilidad), que son tomadas como parámetros de evaluación de la operatividad de los criterios relacionados con la resiliencia en cada una de sus ocho dimensiones. Los criterios que no alcanzan la media de la ponderación en cada dimensión no son considerados.

Identificados los criterios que operativizan cada dimensión, se inicia la segunda etapa de construcción del modelo, que corresponde a la aplicación del análisis jerárquico multicriterio difuso (*Fuzzy AHP*) en dos fases. La primera permite ponderar y jerarquizar las ocho dimensiones, mientras que la segunda hace lo mismo con los criterios que integran cada una de esas dimensiones. Para lograr el objetivo de esta etapa se cuenta con los criterios de cinco expertos en temáticas relacionadas con la gestión de riesgos y procesos de recuperación de zonas afectadas por desastres. Así, un experto del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (Ecuador), el exalcalde de la ciudad de Baños de Agua Santa, quien participó en los procesos de reactivación de la ciudad durante la erupción del volcán Tungurahua, el asesor en gestión de crisis y emergencias que participó en el terremoto y tsunami de 2010 en Valparaíso y el rescate de los mineros de Atacama (Chile), el coordinador de la Secretaría de Gestión de Riesgos de Baños de Agua Santa, quien fue el responsable de la Defensa Civil en esa localidad y participó en los procesos de su reactivación, un académico experto en gestión de riesgos que ha venido evaluando las erupciones volcánicas producidas en Ecuador en los últimos veinte años.

De igual manera, y de forma paralela, en la segunda fase de esta segunda etapa del diseño del modelo, los criterios de cada dimensión son contrastados haciendo uso del análisis jerárquico multicriterio difuso, para lo cual se identifican expertos por dimensión. Así, cuatro en economía regional, cuatro en economía empresarial, cinco para lo sociorrregional, cinco para lo sociocomunitario, tres en lo experiencial, tres para infraestructura, cuatro en lo institucional y dos para lo ecológico. Los requisitos que se contemplan para la selección de expertos son:

- Experiencia probada en gestión de desastres y en procesos relacionados con recuperación de zonas afectadas por desastres.
- Conocimiento de la zona de estudio o zonas que en similares circunstancias han presentado comportamientos resilientes.

<sup>48</sup> Para este trabajo de investigación se consideran veinte expertos en gestión de desastres de origen natural de Ecuador, Chile y México que participaron en el tratamiento y recuperación de los casos: mineros de Atacama (Chile, 2010), terremoto y tsunami de Chile (2010), erupción del volcán Calbuco (Chile 2015), terremoto de México DF (México, 1985), incendio Valparaíso (Chile 2014), terremoto de Pedernales-Manabí (Ecuador, 2016).

<sup>49</sup> Considera cuatro expertos en estadística (1), sociología (1), economía (1) y administración (1).



La estructura integrada de las ponderaciones de las dimensiones y los criterios permiten el diseño del modelo de análisis multidimensional de la resiliencia, cuyos *inputs* serán los diversos indicadores cualitativos y cuantitativos normalizados<sup>50</sup> que han sido identificados en acápite anteriores. Uno de los resultados del modelo será un indicador compuesto que reducirá la complejidad de la información que deviene de las ocho dimensiones tratadas, integrándolas y resumiéndolas para crear una “imagen de contexto”. A pesar de las ventajas que implica esta representación numérica (Schuschny y Soto, 2009), se recomienda no considerar el indicador como un índice unidimensional y único para abordar la resiliencia de regiones afectadas por desastres de origen natural, sino como una guía que permite abordar los diferentes subsistemas inmersos para diseñar estrategias que los fortalezcan, ya sea desde el ámbito de la política pública o desde la acción civil.

El modelo de análisis multidimensional de la resiliencia para zonas afectadas por desastres de origen natural basado en *Fuzzy AHP* presenta las propiedades de esta metodología, como son la robustez<sup>51</sup> y la consistencia. Por otro lado, se verifican las condiciones técnicas que se exigen para un indicador compuesto (Castro, 2009). Serían determinación, exhaustividad, monotonía, unicidad, invariancia, homogeneidad y transitividad.

Los indicadores y variables presentes en los criterios de decisión seleccionados están medidos en diferentes escalas, por lo que es necesario proceder a su normalización para que puedan ser agregados de manera comparable (Schuschny y Soto, 2009); es decir, que el conjunto de variables cualitativas y cuantitativas sea transformado en un conjunto de nuevas variables medidas en una unidad común, haciendo uso de la normalización de cuatro tipos: estandarización (*z-score*), categorización de escalas, categorización de calores por encima o de debajo del promedio y reescalamiento.

Se aplica el método de estandarización (*z-score*), en el que se considera la media de la variable tratada y su desviación estándar sobre la población de unidades de análisis (Schuschny y Soto, 2009). Se calcula de esta manera el valor *z* o *z-score*:

$$y_t^i = \frac{x_t^i - \bar{x}_t}{\sigma_t^x} \quad (1)$$

Para la unidad de análisis *i*, el valor que se obtiene representa la distancia entre el calor de la variable y la media poblacional, expresada en unidades de desviación estándar.

Dependiendo de los casos, se optará por el método de normalización por categorización de escalas; es decir, a cada indicador se le asigna un rango de categorías o logros. A cada categoría se le asignará un rango de valores dentro de los cuales esta será

<sup>50</sup> Se utilizará la normalización *min-max* de [0,1].

<sup>51</sup> El concepto de robustez en el AHP difiere de la definición estadística y de análisis de sensibilidad (Fernández & Escribano, 2003). En problemas de economía aplicada se confunde la interpretación de un resultado robusto frente a la de un operador robusto. En el AHP el análisis de robustez es una forma de respaldar las conclusiones que proporciona el estudio de un problema de decisión multicriterio discreta, considerando los altos niveles de incertidumbre que se tiene en estos casos.

válida. Para establecer los límites de los rangos se opta por medidas de localización como percentiles, deciles o cuartiles (Schuschny y Soto, 2009). Esta técnica tiene un corte eminentemente cualitativo y se aplicará en los casos en los cuales no se encuentre en riesgo la pérdida de información relevante, por ejemplo aquella relacionada con dispersión de magnitudes.

Otro método de normalización que se empleará es la categorización de valores por encima o debajo del promedio, para lo cual, siguiendo a Schuschny y Soto (2009), se establecerá un umbral de tolerancia  $\psi \in (0,1)$ , a partir del cual se identificarán los casos que registren valores por encima, debajo o alrededor del valor umbral, así:

$$Si \frac{x_t^i}{\bar{x}_{to}} < (1 - \psi) \rightarrow y_t^i = -1 \quad (2)$$

$$Si (1 - \psi) \leq \frac{x_t^i}{\bar{x}_{to}} \leq (1 + \psi) \rightarrow y_t^i = 0 \quad (3)$$

$$Si \frac{x_t^i}{\bar{x}_{to}} > (1 + \psi) \rightarrow y_t^i = 1 \quad (4)$$

La elección del umbral  $\psi$  está sujeta a la experiencia del investigador y puede considerarse una de las desventajas del método. Sin embargo, se aplicará en los casos que se considere pertinente.

La normalización de tipo reescalamiento *min-max* (Schuschny y Soto, 2009) es uno de los métodos más sencillos. Considerando lo propuesto por Phillis y Andriantiatsaholainaina (2001), se aplica la normalización *min-max*, donde se utiliza los valores mínimo ( $X_{\min}$ ) y máximo ( $X_{\max}$ ) observados para normalizar en forma lineal los valores del indicador o variable. Así, el rango de estos estará entre 0 y 1.

La función de normalización *min-max* (Sánchez, 2009), considerando que el valor objetivo para el indicador es un valor máximo, es la siguiente:

$$l_{ki} = \begin{cases} 0 & \forall X_{ki} < X_{k\_min} \\ \frac{X_{ki} - X_{k\_min}}{X_{k\_max} - X_{k\_min}} & \forall X_{k\_min} \leq X_{ki} \leq X_{k\_max} \\ 1 & \forall X_{ki} > X_{k\_max} \end{cases} \quad (5)$$

Donde  $l_{ki}$  corresponde al valor normalizado del indicador  $k$  para el criterio  $i$ ,  $X_{ki}$  es el valor original de ese mismo indicador para el mismo criterio, y  $X_{k\_min}$  y  $X_{k\_max}$  los valores mínimo y máximo del indicador  $k$ .

Si el valor objetivo es un mínimo, la normalización considera:

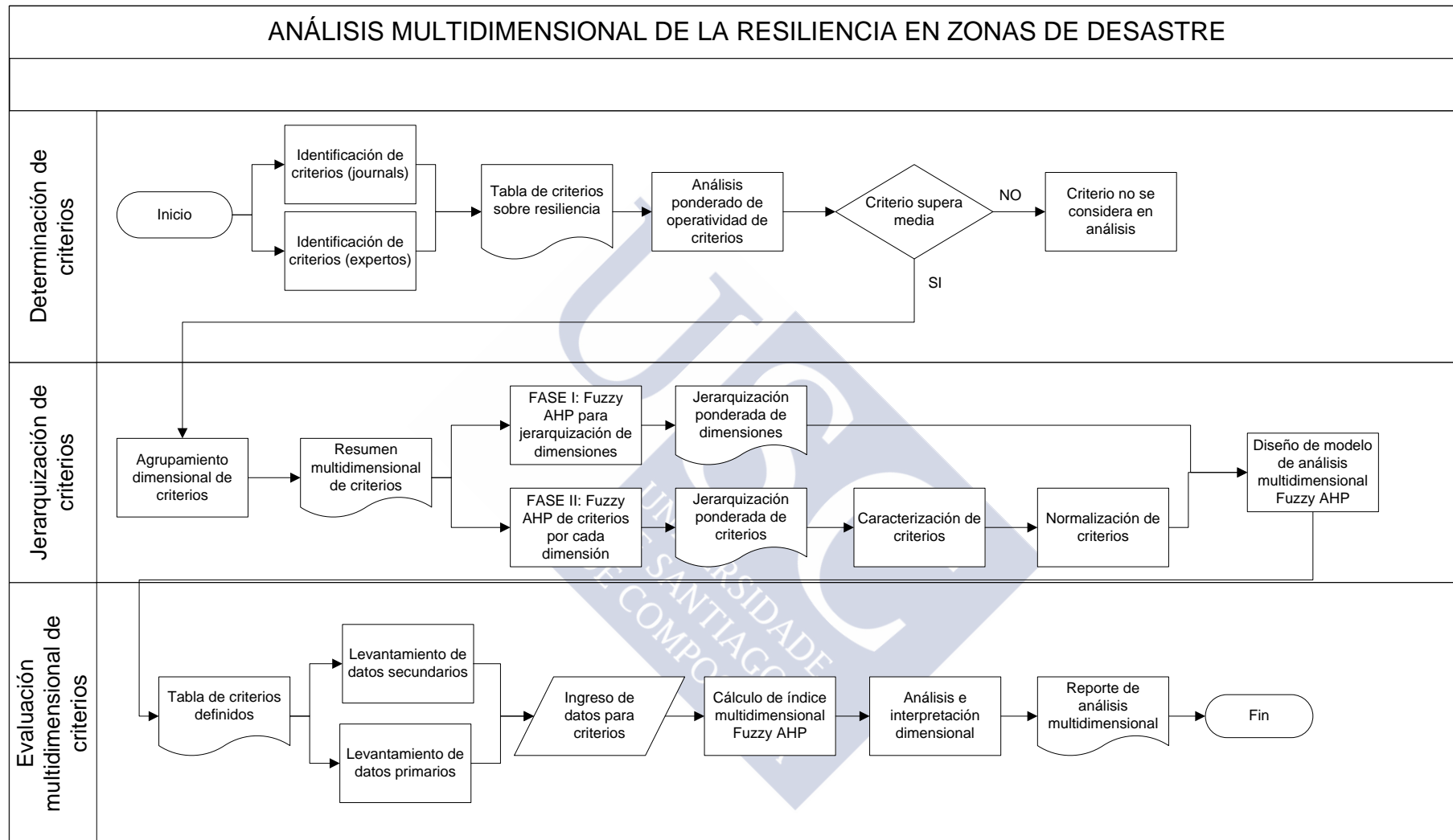
$$l_{ki} = \begin{cases} 1 & \forall X_{ki} < X_{k\_min} \\ \frac{X_{k\_max} - X_{ki}}{X_{k\_max} - X_{k\_min}} & \forall X_{k\_min} \leq X_{ki} \leq X_{k\_max} \\ 0 & \forall X_{ki} > X_{k\_max} \end{cases} \quad (6)$$

De esta manera todos los indicadores y variables analizados se vuelven adimensionales y toman valores en el intervalo  $[0,1]$ , donde el 0 representará el peor valor posible el que menos aporte a la resiliencia, mientras que el 1 será el mejor valor del indicador el que más aporta a la resiliencia.

Los *inputs* obtenidos de la información primaria y secundaria, normalizados y ponderados bajo la estructura de jerarquía de *Fuzzy AHP*, generan un índice sintético que tiene la posibilidad de ser utilizado como base de comparación en análisis regionales. Para el caso propuesto la unidad de análisis es cantonal (municipio), sin embargo podría ampliarse a unidades territoriales de mayor tamaño. Como se ha evidenciado en el análisis de literatura científica, la resiliencia en zonas afectadas por desastres de origen natural ha sido abordada con métricas que se enfocan en escalas territoriales mayores, como países, estados, provincias o departamentos, por lo que este trabajo encuentra en esta realidad uno de sus mayores contribuciones, ya el que el modelo permite abordar espacios territoriales más pequeños.

Un diagrama que resume las tres etapas explicadas se presenta a continuación (Figura 4.2):





**Figura 4.2** Diagrama para el análisis multidimensional de la resiliencia en zonas de desastre  
Fuente: Elaborado a partir de las fases propuestas para el análisis multifuncional

#### 4.4 DISEÑO MUESTRAL

La valoración de los criterios correspondientes a las ocho dimensiones de la resiliencia considera tanto datos secundarios como primarios. Para el caso de los datos primarios se diseñan tres cuestionarios orientados a evaluar los siguientes aspectos:

- Resiliencia en el sistema empresarial
- Análisis de capacidad emprendedora
- Resiliencia comunitaria

La población de estudio se define sobre la siguiente base.

La resiliencia en el sistema empresarial y el análisis de la capacidad emprendedora considera 1508 empresas registradas en el cantón Baños de Agua Santa, de acuerdo al Directorio Empresarial del INEC (2014). La resiliencia comunitaria considera las 1181 familias registradas de acuerdo al censo de 2010. En el análisis de la capacidad emprendedora se considerará la proporción de la población (empresas) registrada antes de 2006 (último evento eruptivo de consideración) que continúa activa hasta la actualidad.

El cálculo de tamaño de muestra para proporciones en una población finita es el seleccionado en los tres casos, haciendo las respectivas consideraciones particulares y tomando como base la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q} \quad (7)$$

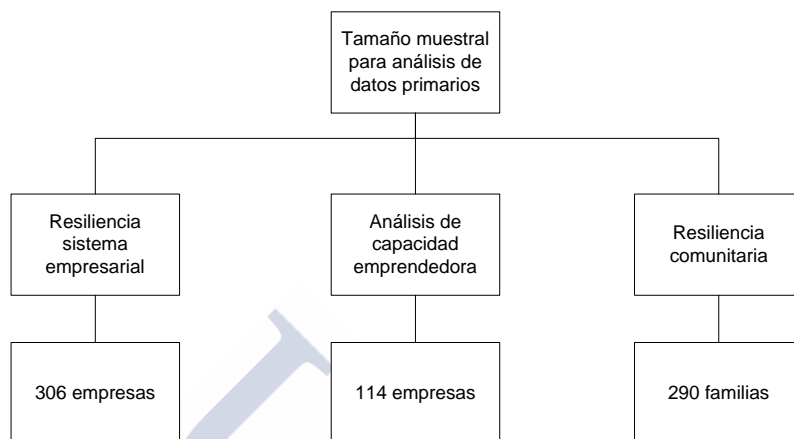
Donde  $N$  es la población,  $e$  el error muestral,  $Z$  el valor crítico de distribución normal estándar, que para este estudio es 1.96, asumiendo un error  $e$  de 5%,  $p$  la población proporcional de empresas resilientes,  $q$  la proporción poblacional de empresas no resilientes. Se aplica el supuesto de proporciones poblacionales iguales para la construcción de una muestra conservadora; así,  $p = q = 0.5$ ; de este modo, para el estudio de la resiliencia en el sistema empresarial con 1508 empresas se consideran 306.

De la misma manera, haciendo uso del muestreo para estimar una proporción en una población finita, se determina el tamaño muestral para analizar la capacidad emprendedora de los empresarios en el cantón Baños que han soportado el impacto del último evento eruptivo más importante del volcán Tungurahua en el año 2006. Se considera el universo de 1508 empresas (INEC, 2014), pero con un valor  $p$  de 0.98 que corresponde a las empresas que en la base de datos están activas y fueron creadas antes de 2006 (98%) en consecuencia a la proporción  $q$  le corresponde 0.022%. En definitiva, la muestra final para este caso es de 114 empresas.

Para el estudio de la resiliencia comunitaria también se hace uso de la fórmula de tamaño de muestra para proporciones con población finita. En este caso, la población  $N$  es el número de familias registradas en el cantón Baños de Agua Santa, que según el Censo 2010 es de 1181. Los valores para  $p$  y  $q$ , que corresponden a la probabilidad de que las familias demuestren comportamientos resilientes o no, consideran un supuesto

conservador de 0.5 para cada una. Bajo los mismos parámetros de valor crítico  $Z=1.96$  y error de estimación  $e = 5\%$ , la muestra para este caso será de 290 familias.

En resumen, el tamaño de muestra para los tres estudios se tiene en la Figura 4.3:



**Figura 4.3** Resumen de tamaño muestral para estudio empírico

Fuente: Elaborado a partir de la determinación del tamaño de muestras de acuerdo a la fórmula (7)

El tipo de muestreo utilizado en el caso del estudio de la resiliencia empresarial y el análisis de la capacidad emprendedora es aleatorio simple para poblaciones finitas, siendo el marco muestral el Directorio Empresarial del INEC (2014). Para el análisis de la resiliencia comunitaria, considerando que se abordarán bloques de información sobre percepciones de la población sobre un grupo de características, se hará uso del muestreo causal o incidental. Los resultados, a pesar de no asegurar la representatividad de la población, permiten una aproximación perceptual de las variables propuestas. El formato de encuestas aplicadas se puede ver en los Anexos A, B y C.





## CAPÍTULO V.- ANÁLISIS JERÁRQUICO MULTICRITERIO BASADO EN LÓGICA DIFUSA

### 5.1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo a Moreno et al. (1998), los problemas de decisión presentan algunas características como (1) el desconocimiento de los factores relevantes del entorno, (2) la intervención de múltiples actores y criterios, (3) la ocurrencia de eventos con poca verosimilitud pero de gran impacto, (4) la consideración de aspectos tangibles e intangibles, (5) la inexistencia de información cierta sobre las consecuencias de las acciones y (6) un alto grado de complejidad. Esto apoya la propuesta de que el análisis de la resiliencia en zonas afectadas por desastres de origen natural sea tratado como un problema de decisión multicriterio que capture la noción de complejidad, no como una imperfección del conocimiento, sino como una indeterminación del entorno.

El análisis de la resiliencia en esta investigación busca a través de la racionalidad, identificar la relevancia de los criterios inmersos dentro de su caracterización conceptual. En torno a las escuelas científicas de resolución de problemas de decisión (Heap et al., 1992), en este trabajo se sigue la denominada *racionalidad procedimental multicriterio* (Moreno et al., 1998), un enfoque cognitivo, adaptativo, sistémico y general que permite, a través del conocimiento de los procesos de decisión, ponderar y jerarquizar los criterios que están inmersos en cada una de las ocho dimensiones en las que se ha estructurado el análisis de la resiliencia.

El elemento central de AHP son sus decisores, personas que se encargan de establecer las ponderaciones (juicios) entre criterios, de ahí la necesidad de que sean expertos conocedores de estos. El análisis de los decisores a través de los procedimientos de comparación pareada, en el que se fundamenta la metodología AHP, tiene niveles de incertidumbre que no son considerados y que pueden alterar los resultados del modelo, por lo que a través del tiempo se han ido realizado algunos ajustes que evitan estos inconvenientes. Uno de estos es la incorporación de la teoría de conjuntos difusos.

Para Huang y Wu (2005), con el apoyo de la lógica difusa se logra corregir algunos defectos que presenta el modelo de Saaty para el Análisis Jerárquico Multicriterio, por ejemplo el de la aplicación de escalas limitadas para la valoración de los expertos, la correlación entre atributos para la toma de decisiones, la imprecisión, ambigüedad y la incertidumbre en el momento de hallar valores de las comparaciones que realizan los expertos. El método de análisis extendido del AHP con lógica difusa se lo conoce con las siglas FAHP (*Fuzzy Analytical Hierarchy Process*) y fue propuesto por Chang (1996).

En este capítulo, el desarrollo metodológico del FAHP para el análisis multidimensional de la resiliencia tiene como objetivo la descripción de sus procesos y la determinación de los procedimientos que serán utilizados en el estudio empírico. Si bien el AHP recoge en su teoría la complejidad de la resiliencia, el FAHP ajusta otros elementos que enriquecen la estructura del modelo.

## 5.2 ANÁLISIS JERÁRQUICO MULTICRITERIO (AHP)

La resiliencia es de naturaleza compleja y es parte de los procesos de gestión de los SAC (Quinlan et al., 2015; Wal ker, et al., 2002), por lo que su análisis involucra problemas de decisión, en los que lo desconocido es mayor que lo conocido. En consecuencia, y siguiendo a Moreno (1997), es preferible orientarse a mejorar el conocimiento y la calidad de los procesos de decisión antes que a la búsqueda de soluciones óptimas. El AHP, una de las técnicas multicriterio más extendidas, se presenta como una posibilidad de abordar esta problemática.

Los métodos multicriterio son una herramienta valiosa para abordar el estudio de la resiliencia. Por definición permiten realizar evaluaciones basadas en múltiples criterios asociados con la valoración de conceptos complejos donde es posible considerar varias dimensiones (Moreno et al., 2002). De esta manera, las dimensiones económica, ecológica, social, institucional, entre otras (Cutter et al., 2008), asociadas con la resiliencia pueden ser adecuadamente integradas (Orencio y Fujii, 2013; Tadic et al., 2014).

Al ser finitas las variables de la resiliencia, el problema de decisión multicriterio es discreto, por lo que sus métodos de solución (Llamazares y Berumen, 2011) pueden ser:

- Ponderación lineal o *scoring*
- Utilidad Multiatributo
- Relaciones de Sobre calificación
- Análisis Jerárquico AHP

Para la presente investigación se ha seleccionado el Proceso Analítico Jerárquico (AHP). Saaty (2008) sintetiza en cuatro procesos esta metodología. Así:



Figura 5.1 Estructura metodológica de AHP

Fuente: Relative measurement and its generalization in decision making why pairwise comparisons are central in mathematics for the measurement of intangible factors the analytic hierarchy/network process (Saaty, 2008)

La técnica AHP permite combinar herramientas como las siguientes: análisis coste-eficacia, análisis SWOT (DAFO), panel de expertos y herramientas de observación, cuya incorporación se valorará durante el desarrollo empírico. Dentro de las limitaciones de la metodología propuesta se pueden tener (Saaty, 1990):

- El grado de tecnicidad, ya que además de las herramientas informáticas que se deben manejar, los conceptos y los métodos matemáticos de agregación de datos requieren la cualificación adecuada; de lo contrario, se puede generar un análisis confuso que conduzca a conclusiones erróneas.

- Existen niveles de subjetividad que pueden sesgar la investigación.
- La técnica depende del compromiso de los informantes y la calidad de información que estos faciliten.

La metodología del AHP plantea el análisis comparativo de expertos sobre un grupo de criterios en forma pareada, para lo cual establece una escala cuya validez teórica y empírica ha sido justificada (Moreno, 2002; Saaty, 1990), una escala numérica de nueve niveles que mantiene su correspondencia con una escala verbal, como se evidencia a continuación:

Tabla 5.1 Escala de valoración Saaty

Escala numérica	Escala verbal
1	Criterios de igual importancia
2	Entre igual o moderadamente preferible de un criterio sobre otro
3	Débil o moderada importancia de un criterio sobre otro
4	Entre moderadamente y fuertemente preferible de un criterio sobre otro
5	Importancia fuerte de un criterio sobre el otro
6	Entre fuerte y extremadamente fuerte preferible de un criterio sobre otro
7	Importancia demostrada de un criterio sobre otro
8	Entre muy fuerte y extremadamente preferible de un criterio sobre otro
9	Importancia absoluta de un criterio sobre otro

*Nota: 2, 4, 6, 8 Valores intermedios entre escalas adyacentes.*

Los resultados de la comparación pareada conforman una matriz  $n \times n$  donde  $a_{ij}$  es la medida de la importancia relativa del criterio  $i$  frente al criterio  $j$ , así:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \text{ donde se cumple } a_{ij} * a_{ji} = 1: A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

En la matriz A todos los elementos son positivos y pertinentes con los siguientes teoremas (Saaty, 1990):

1. Teorema 1: Reciprocidad; si A es una matriz de comparaciones pareadas se cumple que  $a_{ij} = 1/a_{ji}$  (8) para todas  $i, j = 1, 2, 3 \dots n$

2. Teorema 2: Consistencia si  $a_{ij} = a_{ik}/a_{jk}$  (9) para todas  $i, j, k = 1, 2, 3 \dots n$

A cada celda de la matriz le corresponderá uno de los valores de la escala de Saaty; las comparaciones ubicadas sobre la diagonal formada por el valor 1, tienen una intensidad de preferencia inversa a las ubicadas debajo de dicha diagonal.

A fin de cumplir con el proceso de jerarquización de criterios, se aplica el proceso de sintetización, que es obtener un sistema de pesos que resulte consistente con las preferencias

subjetivas mostradas y recogidas en la matriz de comparaciones. Es importante destacar que no es necesario contar con información cuantitativa sobre los criterios analizados, por lo que las combinaciones son realizadas tomando en cuenta los juicios de valor de cada ente decisor.

Este proceso se puede resumir de la siguiente manera:

1. Sumar los valores de cada columna de la matriz comparaciones pareadas
2. Dividir cada nuevo valor obtenido en la matriz entre el total de columnas
3. Calcular el vector de prioridades de la matriz de comparación, calculado promedio de los valores de cada línea de prioridades

Dada la matriz de comparaciones  $A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$  se suma verticalmente los valores de cada columna, obteniéndose  $v_1, v_2, \dots, v_n = \sum_{i=1}^n a_{i,j}$ , que conforma el vector  $V = [v_1 \ v_2 \ \cdots \ v_n]$ . Luego se divide cada elemento de la matriz entre la suma obtenida por cada columna, y se tiene, la matriz normalizada:

$$A \text{ normalizada} = \begin{bmatrix} 1/v_1 & a_{12}/v_2 & \cdots & a_{1n}/v_n \\ a_{21}/v_1 & 1/v_2 & \cdots & a_{2n}/v_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1}/v_1 & a_{n2}/v_2 & \cdots & 1/v_n \end{bmatrix}$$

El siguiente paso se orienta a obtener las prioridades de la matriz de comparaciones a

través del vector columna  $P = \begin{bmatrix} \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{1j} \\ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{2j} \\ \vdots \\ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{nj} \end{bmatrix}$  que contendrá los promedios de las filas, es

decir se obtendrá el **vector de prioridades de criterios**  $P = \begin{bmatrix} P_{c11} \\ P_{c12} \\ \vdots \\ P_{c1n} \end{bmatrix}$ , la suma de los valores del vector prioridades de las de los criterios debe ser igual a 1.

Las prioridades de las alternativas se obtienen elaborando las matrices que incorporan las prioridades de las alternativas respecto de los criterios:

	Criterio 1	Criterio 2...	Criterio m
Alternativa 1	$p_{11}$	$p_{12}$	$\cdots \ p_{1m}$
Alternativa 2	$p_{21}$	$p_{22}$	$\cdots \ p_{2m}$
...	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
Alternativa n	$p_{n1}$	$p_{n2}$	$\cdots \ p_{nm}$

Las matrices obtenidas son multiplicadas con las matrices de los vectores prioridades de los subcriterios respecto al criterio de jerarquía superior.

$$\begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1m} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ p_{n1} & p_{n2} & \cdots & p_{nm} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_{c11} \\ P_{c12} \\ \vdots \\ P_{c1n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P'_{11} \\ P'_{12} \\ \vdots \\ P'_{1n} \end{bmatrix}$$

El proceso es cíclico hasta agotar las comparaciones de los elementos del modelo.

### 5.3 ANÁLISIS DE CONSISTENCIA EN EL AHP

En AHP no exige transitividad cardinal en los juicios, esto es, permite un nivel de inconsistencia en el decisor al emitirlos (Moreno, 2002). A pesar de esto, Saaty (1990) establece un método para medir el grado de inconsistencia entre las opiniones pareadas dadas por el decisor. Si este es aceptable, se puede continuar con el proceso; caso contrario, se debe revisar y modificar los juicios dados.

La consistencia tiene dos propiedades: la relación transitiva y la proporcionalidad de las preferencias. La transitividad se origina al comparar dos o más valores; es decir, si  $w_1$  es mejor que  $w_2$  y  $w_2$  es mejor que  $w_3$ , se esperaría que  $w_1$  sea mejor que  $w_3$ . La proporcionalidad en juicios consistentes se daría si  $w_1$  es tres veces mejor que  $w_2$  y  $w_2$  es dos veces mejor que  $w_3$ , se esperaría que  $w_1$  sea seis veces mejor que  $w_3$ . Es decir, para la matriz  $[A]$ , se evidencia la consistencia cuando los pesos  $W_1 \dots W_n$ , son conocidos y se obtiene  $a_{ij} = w_i/w_j$  (10) (Llamazares & Berumen, 2011).

Los juicios de los decisores, que presentan variables cualitativas, llevan niveles de imprecisión e incertidumbre, que pueden generar inconsistencia en los resultados del método. Saaty (1980) define la consistencia de los juicios como la verificación del resultado  $a_{ik} = a_{ij} * a_{jk}$  para todo  $i, j, k$  de la matriz de comparaciones pareadas. Si los juicios del decisor fueran exactos, se cumpliría la ecuación indicada, siendo así consistente la matriz  $[A]$  (Llamazares y Berumen, 2011).

Siendo  $a_{12}$  en la matriz  $[A]$  la razón que define la importancia entre la alternativa “1” y alternativa “2”, Saaty 1990) plantea lo siguiente:

*Alternativa 1* =  $w_1$

*Alternativa 2* =  $w_2$

Donde  $a_{12} = w_1/w_2$  ;

Reemplazando cada  $a_{ij}$  en la matriz  $[A]$  se tiene:

$$[A] = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \cdots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \cdots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \cdots & w_n/w_n \end{bmatrix}$$



Considerando la línea "i" en la matriz de juicios:  $a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in}$ ; se multiplican los elementos de la línea por  $w_1, w_2, \dots, w_n$  y se obtiene:

$$w_i/w_1 * w_1 = w_i \quad w_i/w_2 * w_2 = w_i \quad \dots \quad w_i/w_n * w_n = w_i \quad (11)$$

Aplicado a los juicios reales, se obtiene el vector línea, cuyos elementos representan la dispersión estadística del juicio dado sobre el valor  $w_i$ , por lo que se puede utilizar  $w_i$  como estimativa del promedio de los valores, teniendo:

$$Ideal: w_i = a_{ij} * w_j \text{ para } i, j = 1, 2, \dots, n$$

$$Real: w_i = 1/n * \sum_{j=1}^n a_{ij} * w_j \quad (12)$$

Se tiene entonces la matriz  $[A]$ , que contiene los juicios ideales, y la matriz  $[A']$ , que recoge las desviaciones generadas en un caso real. Para determinar si el nivel de consistencia es o no admisible, que la consistencia de una matriz es consistente, implica que existe un vector columna  $[w]$ , de pesos  $w_j$  para  $j = 1, 2, 3, \dots, n$ , donde:

$$w_i/w_j = a_{ij} \text{ y que } [A] * [w] = n * [w]$$

Sobre la base de la teoría de matrices se tiene:

$$\varepsilon \lambda_i = \varepsilon \alpha_{ii} = n \quad (13)$$

Al considerar pérdida de consistencia de la matriz  $[A]$  se genera una matriz  $[A']$  donde se cumple:

$$[A'] * [w'] = \lambda_{max} * [w'] \text{ y } \lambda_{max} \geq n$$

$$\lambda_{max} = [V] * [P]$$

$$\lambda_{max} = V = [v_1 \quad v_2 \quad \dots \quad v_n] * \begin{bmatrix} P_{c11} \\ P_{c12} \\ \vdots \\ P_{c1n} \end{bmatrix} \quad (14)$$

Donde:

$\lambda_{max}$  = es el valor característico promedio (valor escalar)

$n$  = es el tamaño de matriz

Cuando más parecido sea  $\lambda_{max}$  al número de alternativas que están siendo analizadas ( $n$ ), el juicio de valor es más consistente.

El índice de consistencia IC, que mide la dispersión de los juicios del decisor en la matriz  $[A]$ , planteado por Saaty (1990), es:

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (15)$$

El AHP calcula la razón de consistencia como el índice de consistencia (IC) de [A] y el Índice de Consistencia Aleatorio (IA) (Tabla 5.2), así:

$$\text{La Relación de Consistencia } RC = \frac{IC}{IA} \quad (16)$$

Se considera que el decisor es aceptable cuando  $RC < 0.1$

Tabla 5.2 Índice de Consistencia Aleatoria (IA)

No. Elementos que se comparan n)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Índice de Consistencia Aleatorio IA)	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49	1.52	1.54	1.56	1.58	1.59
Diferencias de primer orden	0.52	0.37	0.22	0.14	0.10	0.05	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01

Fuente: Relative measurement and its generalization in decision making why pairwise comparisons are central in mathematics for the measurement of intangible factors the analytic hierarchy/network process (Saaty, 2008).

La tercera fila de la tabla corresponde a las diferencias entre los números sucesivos de la segunda fila; para el número nueve (9) se observa que se presenta como punto límite más allá del cual las diferencias no son lo suficientemente sensibles para hacer cambios precisos en el juicio. Para más de nueve elementos o criterios de comparación, Moreno (2002) recomienda dividir en grupos con un elemento común que pueda ser utilizado como pivote para combinar los pesos finales. Debido a la magnitud de los criterios inmersos en la resiliencia en dos de las ocho dimensiones, se analizarán más de nueve elementos, pero se respetarán estrictamente los valores establecidos como normativa en la tabla aleatoria y el correspondiente índice de consistencia.

#### 5.4 ANÁLISIS MULTICRITERIO DIFUSO FUZZY (AHP)

Con el fin de corregir algunos de los defectos identificados en la técnica AHP, Buckley (1985) incorpora la matriz difusa en su desarrollo. De esta manera, la vaguedad de las respuestas de los decisores es tomada en consideración. Chang (1996) propone el método de análisis extendido de AHP con lógica difusa FAHP (*Fuzzy Analytical Hierarchy Process*), que es definido en tres pasos:

El primero contempla el uso de un número difuso triangular para transformar las ideas de los expertos en una matriz recíproca positiva. En segundo lugar se encuentra un método de media geométrica que sopesa los valores difusos para cada opción, con la conexión jerárquica establecida, y finalmente, una unción de membrecía para cada opción que determina el ranking de las prioridades (Huang & Wu, 2005:105).<sup>52</sup>

El método de Chang (1996) para FAHP parte de la concepción de un número difuso, Büyüközkan et al. (2004), lo entienden como un conjunto difuso especial  $F = \{x \in R | \mu_F(x)\}$  donde  $x$  toma sus valores en la recta real  $R_1: -\infty < x < +\infty$  y  $\mu_F(x)$  es una aplicación continua de  $R_1$  para el intervalo cerrado  $[0,1]$ . Un número difuso triangular pueden designarse como  $M = (l, m, u)$ . Su función de pertinencia  $\mu_M(x): R \rightarrow [0,1]$  es igual a:

<sup>52</sup> Traducción obtenida del artículo “Aplicación del proceso de análisis jerárquico extendido con lógica difusa para la selección de software para logística” (Zapata et al., 2012).

$$\mu_M(x) = \begin{cases} 0, & x < l \text{ o } x > u \\ (x-l)/(m-l), & l \leq x \leq m \\ (x-u)/(m-u), & m \leq x \leq u \end{cases} \quad (18)$$

Donde  $l \leq x \leq u$  y  $l$  y  $u$  representan el valor superior e inferior del soporte de  $M$ , respectivamente, y  $m$  es el valor medio de  $M$ . Cuando  $l = m = u$ , esto es un número no difuso conversión. Las principales leyes operacionales para dos números difusos triangulares  $M_1$  y  $M_2$  son las siguientes:

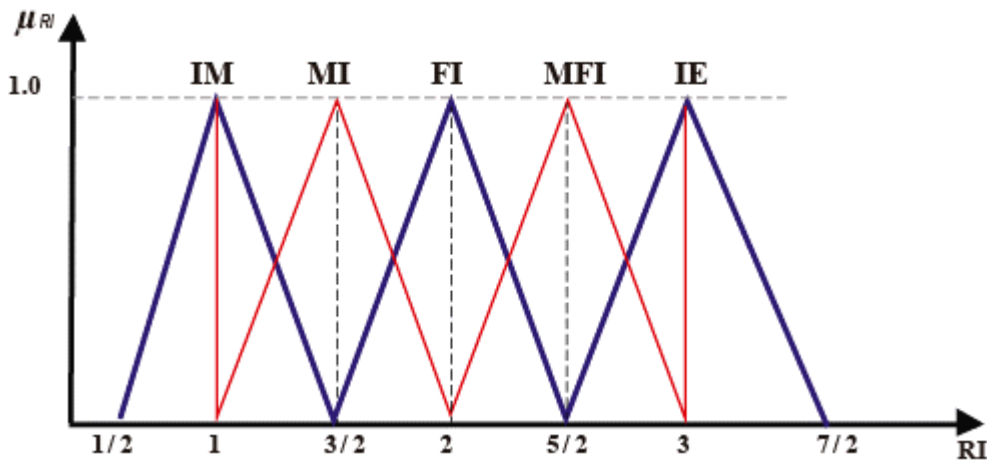
$$M_1 + M_2 = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \quad (19)$$

$$M_1 \otimes M_2 = (l_1 l_2, m_1 m_2, u_1 u_2) \quad (20)$$

$$\lambda \otimes M_1 = (\lambda l_1, \lambda m_1, \lambda u_1), \quad \lambda > 0, \lambda \in R \quad (21)$$

$$M_1^{-1} \approx (1/u_1, 1/m_1, 1/l_1) \quad (22)$$

A lo largo de este estudio los tomadores de decisiones utilizan el conjunto de ponderación lingüística  $W = \{IM, MI, FI, MFI, IE\}$ , donde  $IM$  es igual en importancia,  $MI$  moderadamente más importante un criterio sobre otro,  $FI$  es fuerte importancia de un criterio sobre otro,  $MFI$  es muy fuerte importancia de un criterio sobre otro e  $IE$  es importancia extrema de un criterio sobre otro (Gráfica 5.1).



Gráfica 5.1 Escala lingüística de importancia relativa RI

Fuente: *Determining the Importance Weights for the Design Requirements in the House of Quality Using the Fuzzy Analytic Network Approach* (Büyükoçkan et al., 2004).

La escala de conversión difusa triangular dada en la Tabla 5.3 es usada para evaluar este modelo. Del mismo modo, las funciones de pertinencia relacionadas son las siguientes:

Para cada par (JE),

$$\mu_{JE} = \begin{cases} 1, & yx = 1 \\ 0, & y \text{ por otra parte} \end{cases}$$

Para IM,

$$\mu_{EI}(x) = \begin{cases} 2x - 1, & 1/2 \leq x \leq 1 \\ -2x + 3, & 1 \leq x \leq 3/2 \\ 0, & \text{y por otra parte} \end{cases}$$

Para MI,

$$\mu_{WMI}(x) = \begin{cases} 2(x - 1), & 1 \leq x \leq 3/2 \\ -2x + 4, & 3/2 \leq x \leq 2 \\ 0, & \text{y por otra parte} \end{cases}$$

Para FI,

$$\mu_{SMI}(x) = \begin{cases} 2x - 3, & 1 \leq x \leq 3/2 \\ -2x + 5, & 3/2 \leq x \leq 2 \\ 0, & \text{y por otra parte} \end{cases}$$

Para MFI,

$$\mu_{VSMI}(x) = \begin{cases} 2(x - 2), & 2 \leq x \leq 5/2 \\ -2(x - 3), & 5/2 \leq x \leq 3 \\ 0, & \text{y por otra parte} \end{cases}$$

Para IE,

$$\mu_{AMI}(x) = \begin{cases} 2x - 5, & 5/2 \leq x \leq 3 \\ -2x + 7, & 3 \leq x \leq 7/2 \\ 0, & \end{cases}$$

Tabla 5.3. Escala lingüística difusa triangular

Escala lingüística para importancia	Escala difusa triangular	Escala recíproca difusa triangular
IM	1/2, 1, 3/2	2/3, 1, 2
MI	1, 3/2, 2	1/2, 2/3, 1
FI	3/2, 2, 5/2	2/5, 1/2, 2/3
MFI	2, 5/2, 3	1/3, 2/5, 1/2
IE	5/2, 3, 7/2	2/7, 1/3, 2/5

Fuente: *Determining the Importance Weights for the Design Requirements in the House of Quality Using the Fuzzy Analytic Network Approach* (Büyüközkan et al., 2004).

Una vez comprendido lo referente a números difusos triangulares, se describe el modelo de Análisis Extendido AHP difuso (Büyüközkan et al., 2004) presentado por Chang (1996); Chang y Yang (2011) y Zhu et al. (1999):

Si  $X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$  es un conjunto de objetos y  $U = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_m\}$  un conjunto de objetivos, de acuerdo con el método de análisis extendido de Chang (1996), se desarrolla el análisis ampliado para cada uno de los valores de los objetos; de este modo se pueden obtener

para cada objetivo  $g_i$ . Por lo tanto, los valores de análisis extendido de  $m$  se pueden obtener con la siguiente notación:

$$M_{gi}^1, M_{gi}^2, \dots, M_{gi}^m, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n.$$

Donde todo  $M_{gi}^j$  ( $j = 1, 2, 3, \dots, m$ ) son números difusos triangulares.

Pasos clave del modelo propuesto por Chang (1996):

Paso 1: El valor del objeto  $i$  –ésimo del análisis extendido se define como:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad (23)$$

Para obtener  $\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$ , se realiza la operación de adición borrosa de  $m$  valores del análisis extendido para una matriz particular, de tal manera que:

$$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left( \sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad (24)$$

Para obtener  $\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1}$ , se realiza la operación de adición borrosa de los valores  $M_{gi}^j$  ( $j = 1, 2, 3, \dots, m$ ), de modo que:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left( \sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right) \quad (25)$$

Luego se calcula el vector inverso de la ecuación, de la siguiente manera:

$$\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} = \left( \frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (26)$$

Paso 2: El grado de posibilidades de que  $M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$  se define como:

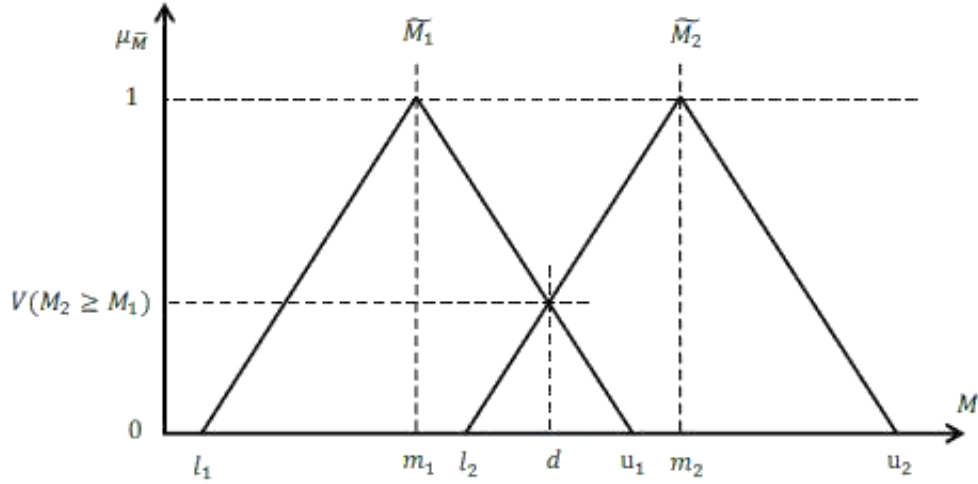
$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} [\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y))] \quad (27)$$

Y puede ser expresado de forma equivalente de la siguiente manera:

$$V(M_2 \geq M_1) = \text{hgt}(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) = f(d) \quad (28)$$

$$= \begin{cases} 1, & \text{Sí } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{Sí } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{otro} \end{cases} \quad (29)$$

Donde  $d$  es la ordenada del punto de intersección más alto  $D$  situado entre  $\mu_{M_1}$  y  $\mu_{M_2}$  (Gráfica 5.2). Para comparar  $M_1$  y  $M_2$  se requiere los valores de  $V(M_1 \geq M_2)$  y  $V(M_2 \geq M_1)$ .



Gráfica 5.2. Intersección de puntos entre  $\tilde{M}_1$  y  $\tilde{M}_2$

Fuente: Büyüközkan et al., (2004). *Determining the Importance Weights for the Design Requirements in the House of Quality Using the Fuzzy Analytic Network Approach. International Journal of Intelligent Systems*

Paso 3: El grado de posibilidad de que un número difuso convexo sea mayor que  $k$  números convexas se define como:

$$\begin{aligned} V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) &= V[(M \geq M_1) \text{ y } (M \geq M_2) \text{ y } \dots \text{ y } M \geq M_k]) \\ &= \min V(M \geq M_i), \quad i = 1, 2, 3, \dots, k \end{aligned} \quad (30)$$

Entonces, suponiendo que:

$$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k) \quad (31)$$

Para  $k = 1, 2, 3, \dots, n; k \neq i$ .

Luego el peso del vector está dado por:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (32)$$

Donde  $A_i (i = 1, 2, 3, \dots, n)$  son  $n$  elementos



Paso 4: La normalización del vector que se presenta de la siguiente forma:

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (33)$$

Donde  $W$  no es un número difuso sino el conjunto de pesos para cada matriz.



## **CAPÍTULO VI.- ESTRUCTURA DEL MODELO DE ANÁLISIS *FUZZY AHP***

### **6.1 INTRODUCCIÓN**

El impacto de los desastres de origen natural, terremotos, erupciones volcánicas, inundaciones, etc. sobre los sistemas sociales y económicos se presenta como una perturbación en sus dinámicas. Se origina en jerarquías y escalas superiores (sistemas ecológicos) y se transmite a sistemas panárquicos de escalas inferiores (sistemas sociales y económicos) de una región, se produce una conmoción de escala cruzada que obliga la generación de ciclos adaptativos que eviten el colapso del macrosistema (Walker et al., 2004).

El sistema ecológico, donde se origina el desastre, necesitará de varios años e incluso siglos para adaptarse y recuperarse, mientras que los sistemas sociales y económicos requerirán de respuestas rápidas frente a la catástrofe. La gestión de desastres como una derivación de la gestión adaptativa (Folke et al., 2002) es necesaria, por lo que las dimensiones para manejar las incertidumbre generada por amenazas de orden natural deben ser identificadas y definidas. Diversos estudios en torno a desastres (Cutter et al., 2008; Joerin et al., 2012; Kusumastutiet al., 2014) han considerado un conjunto de variables o criterios, a los cuales se suman los identificados durante el proceso de esta investigación, que toma como evidencia empírica la población de Baños de Agua Santa en Ecuador, afectada por la erupción del volcán Tungurahua.

Las ocho dimensiones de la resiliencia se definen en base a los criterios que están incorporados en ellas. Sin embargo, siendo consecuentes con la metodología planteada, donde el FAHP recomienda no manejar más de nueve ítems en sus matrices<sup>53</sup>, es necesario un proceso de racionalización de los mismos. El propio FAHP ofrece una posibilidad de evaluación y jerarquización considerando una serie de juicios de selección para los criterios en cada una de las dimensiones que hacen referencia a la resiliencia.

Adecuadas las dimensiones con sus criterios, es posible repetir el proceso de FAHP para el diseño del modelo de análisis de la resiliencia, primero ponderando las dimensiones y luego ponderando los criterios en cada una de esas dimensiones. La estructura del modelo tendrá dos niveles, uno correspondiente a las dimensiones de la resiliencia, mientras que el otro se corresponde con los criterios que permiten el análisis multidimensional. Debido a que en cada dimensión el número de criterios será diferente, se requerirá hacer un ajuste estructural al modelo (Moreno, 2002), a fin de que pueda ser aplicado en el estudio empírico.

La definición y caracterización de cada criterio se soporta en la base de la literatura científica y los aportes obtenidos en el proceso de investigación de campo realizado en el Ecuador. La robustez del modelo subyace en la experiencia del grupo de decisores que lo integran, académicos, líderes comunitarios, empresarios y servidores públicos que han participado de manera activa en la gestión de riesgos en desastres de origen natural.

---

<sup>53</sup> Es recomendable no manejar más de nueve ítems en las matrices de FAHP, sin embargo, existen valores de cálculo de índices de consistencia hasta con dieciséis criterios (Moreno, 2002)

## 6.2 VALIDACIÓN DE VARIABLES

A pesar de que el FAHP permite abordar muchos criterios relacionados con un problema principal o central, que para este caso es la resiliencia, al haber identificado 103 variables en estudios teóricos y empíricos de diferente índole, es necesario realizar un proceso de validación que considere el marco referencial del estudio empírico que se pretende realizar. La resiliencia se aplica como proceso de análisis en los sistemas socioecológicos cuyos límites están dados por las circunscripciones territoriales y, de manera más amplia, por el concepto de proximidad (Boschma, 2005). Dentro de esos límites la información no siempre es completa o adecuada, razón por la cual es necesaria una sistematización selectiva de criterios, considerando cinco aspectos (juicios): pertinencia, funcionalidad, disponibilidad, confiabilidad y utilidad (CONEVAL, 2013; DANE, 2016; Sarandón, 2002).

La pertinencia quiere decir que la variable tenga estrecha relación con el objeto de estudio; la funcionalidad, que el indicador sea práctico y útil para analizar el objeto de estudio; la disponibilidad, que los datos básicos para la construcción del indicador deben ser fáciles de obtener y sin restricciones; la confiabilidad está relacionada con que los datos utilizados para la construcción del indicador sean fidedignos (fuentes de información satisfactorias); y la utilidad verifica su correspondencia con el objeto de análisis. La importancia que tiene cada uno de los juicios para evaluar los criterios relacionados con la resiliencia es determinada bajo la aplicación del análisis jerárquico multicriterio difuso.

La selección de las variables para el modelo de análisis multidimensional de la resiliencia es un problema de decisión que será tratado a través del *Fuzzy AHP* en base a los cinco juicios antes indicados (pertinencia, funcionalidad, disponibilidad de información, confiabilidad y utilidad), para lo cual se utilizarán expertos en estadística, economía, sociología y gestión, que compararán por pares los juicios utilizando la escala de ponderación lingüística, donde IM = igual importancia, MI = moderadamente más importante un elemento sobre otro, FI = fuerte importancia de un elemento sobre el otro, MFI = muy fuerte la importancia de un elemento sobre el otro, IE = importancia extrema de un elemento frente al otro. La aplicación del método extendido del *Fuzzy AHP* con escala triangular difusa (Chang D.-Y. , 1996) en esta validación de variables se detalla a continuación.

Tabla 6.1 *Datos obtenidos de experto en estadística*

	Pertinencia			Funcionalidad			Disponibilidad			Confiabilidad			Utilidad		
<b>Pertinencia</b>	1/2	1	1 1/2	2 1/2	3	3 1/2	2 1/2	3	3 1/2	2 1/2	3	3 1/2	2 1/2	3	3 1/2
<b>Funcionalidad</b>	2/7	1/3	2/5	1/2	1	1 1/2	1/2	1	1 1/2	1/2	1	1 1/2	1/2	1	1 1/2
<b>Disponibilidad</b>	2/7	1/3	2/5	2/3	1	2	1/2	1	1 1/2	1/2	1	1 1/2	2	2 1/2	3
<b>Confiabilidad</b>	2/7	1/3	2/5	2/3	1	2	2/3	1	2	1/2	1	1 1/2	2 1/2	3	3 1/2
<b>Utilidad</b>	2/7	1/3	2/5	2/3	1	2	1/3	2/5	1/2	1	1/3	2/5	1/2	1	1 1/2

Fuente: Elaborado a partir de entrevista

Tabla normalizada

$$\text{Considerando } M_{CRIPS} = \frac{4m+l+u}{6} \quad (34)$$

Tabla 6.2 Datos normalizados de experto en estadística

	Pertinencia	Funcionalidad	Disponibilidad	Confiabilidad	Utilidad	Suma	Vector prioridades
<b>Pertinencia</b>	1.000	3.000	3.000	3.000	3.000	13.000	<b>0.3921</b>
<b>Funcionalidad</b>	0.337	1.000	1.000	1.000	1.000	4.337	<b>0.1308</b>
<b>Disponibilidad</b>	0.337	1.111	1.000	1.000	2.500	5.948	<b>0.1794</b>
<b>Confiabilidad</b>	0.337	1.111	1.111	1.000	3.000	6.559	<b>0.1978</b>
<b>Utilidad</b>	0.337	1.111	0.406	0.456	1.000	3.309	<b>0.0998</b>
	<b>2.346</b>	<b>7.333</b>	<b>6.517</b>	<b>6.456</b>	<b>10.500</b>		

Fuente: Elaborado a partir de la matrices multicriterio difusa

Donde  $\lambda_{max} = 5.37$

$CI = 0.09$

$RC = \frac{CI}{RI} = 0.08$  Como  $0.08 \leq 0.1$  la matriz es consistente

Tabla 6.3 Datos obtenidos de experto en economía

	Pertinencia			Funcionalidad			Disponibilidad			Confiabilidad			Utilidad		
<b>Pertinencia</b>	1/2	1	1 1/2	2	2 1/2	3	1/2	1	1 1/2	1	1 1/2	2	1/2	1	1 1/2
<b>Funcionalidad</b>	1/3	2/5	1/2	1/2	1	1 1/2	1/2	1	1 1/2	1/2	1	1 1/2	1/2	1	1 1/2
<b>Disponibilidad</b>	2/3	1	2	2/3	1	2	1/2	1	1 1/2	2	2 1/2	3	2	2 1/2	3
<b>Confiabilidad</b>	1/2	2/3	1	2/3	1	2	1/3	2/5	1/2	1/2	1	1 1/2	1/2	1	1 1/2
<b>Utilidad</b>	2/3	1	1 1/2	2/3	1	2	1/3	2/5	1/2	2/3	1	2	1/2	1	1 1/2

Fuente: Elaborado a partir de entrevista.

Tabla normalizada considerando  $M_{CRIPS} = \frac{4m+l+u}{6}$

Tabla 6.4 Datos normalizados de experto en economía

	Pertinencia	Funcionalidad	Disponibilidad	Confiabilidad	Utilidad	Suma	Vector prioridades
<b>Pertinencia</b>	1.000	2.500	1.000	1.500	1.000	7.000	<b>0.2457</b>
<b>Funcionalidad</b>	0.406	1.000	1.000	1.000	1.000	4.406	<b>0.1546</b>
<b>Disponibilidad</b>	1.111	1.111	1.000	2.500	2.500	8.222	<b>0.2886</b>
<b>Confiabilidad</b>	0.694	1.111	0.406	1.000	1.000	4.211	<b>0.1478</b>
<b>Utilidad</b>	1.028	1.111	0.406	1.111	1.000	.656	<b>0.1634</b>
	<b>4.239</b>	<b>6.833</b>	<b>3.811</b>	<b>7.111</b>	<b>6.500</b>		

Fuente: Elaborado a partir de la matrices multicriterio difusa.

Donde  $\lambda_{max} = 5.31$

$CI = 0.08$

$RC = \frac{CI}{RI} = 0.07$  Como  $0.07 \leq 0.1$  la matriz es consistente

Tabla 6.5 Datos obtenidos de experto en sociología

	Pertinencia			Funcionalidad			Disponibilidad			Confiabilidad			Utilidad		
<b>Pertinencia</b>	1/2	1	1 1/2	2	2 1/2	3	2	2 1/2	3	1	1 1/2	2	1/2	1	1 1/2
<b>Funcionalidad</b>	1/3	2/5	1/2	1/2	1	1 1/2	1 1/2	2	2 1/2	1 1/2	2	2 1/2	1/2	1	1 1/2
<b>Disponibilidad</b>	1/3	2/5	1/2	2/5	1/2	2/3	1/2	1	1 1/2	1	1 1/2	2	1	1 1/2	2
<b>Confiabilidad</b>	1/2	2/3	1	2/5	1/2	2/3	1/2	2/3	1	1/2	1	1 1/2	1/2	1	1 1/2
<b>Utilidad</b>	2/3	1	2	2/3	1	2	1/2	2/3	1	2/3	1	2	1/2	1	1 1/2

Fuente: Elaborado a partir de la entrevista.

Tabla normalizada considerando  $M_{CRIPS} = \frac{4m+l+u}{6}$

Tabla 6.6 Datos normalizados de experto en sociología

	Pertinencia	Funcionalidad	Disponibilidad	Confiabilidad	Utilidad	Suma	Vector prioridades
<b>Pertinencia</b>	1.000	2.500	2.500	1.500	1.000	8.500	<b>0.2957</b>
<b>Funcionalidad</b>	0.406	1.000	2.000	2.000	1.000	6.406	<b>0.2228</b>
<b>Disponibilidad</b>	0.406	0.511	1.000	1.500	1.500	4.917	<b>0.1710</b>
<b>Confiabilidad</b>	0.694	0.511	0.694	1.000	1.000	3.900	<b>0.1357</b>
<b>Utilidad</b>	1.111	1.111	0.694	1.111	1.000	.028	<b>0.1749</b>
	<b>3.617</b>	<b>5.633</b>	<b>6.889</b>	<b>7.111</b>	<b>5.500</b>		

Fuente: Elaborado a partir de la matrices multicriterio difusa

Donde  $\lambda_{max} = 5.43$

$CI = 0.11$

$RC = \frac{CI}{RI} = 0.1$  Como  $0.1 \leq 0.1$  la matriz es consistente

Tabla 6.7 Datos obtenidos de experto en administración

	Pertinencia			Funcionalidad			Disponibilidad			Confiabilidad			Utilidad		
<b>Pertinencia</b>	1/2	1	1 1/2	1 1/2	2	2 1/2	1	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	1 1/2	2	2 1/2
<b>Funcionalidad</b>	2/5	1/2	2/3	1/2	1	1 1/2	1 1/2	2	2 1/2	2 1/2	3	3 1/2	1 1/2	2	2 1/2
<b>Disponibilidad</b>	1/2	2/3	1	2/5	1/2	2/3	1/2	1	1 1/2	1	1 1/2	2	1	1 1/2	2
<b>Confiabilidad</b>	2/7	1/3	2/5	2/7	1/3	2/5	1/2	2/3	1	1/2	1	1 1/2	1/2	1	1 1/2
<b>Utilidad</b>	2/5	1/2	2/3	2/5	1/2	2/3	1/2	2/3	1	2/3	1	2	1/2	1	1 1/2

Fuente: Elaborado a partir de la entrevista.

Tabla normalizada

$$\text{Considerando } M_{CRIPS} = \frac{4m+l+u}{6}$$

Tabla 6.8 Datos normalizados de experto en administración

	Pertinencia	Funcionalidad	Disponibilidad	Confiabilidad	Utilidad	Suma	Vector prioridades
<b>Pertinencia</b>	1.000	2.000	1.500	3.000	2.000	9.500	<b>0.3124</b>
<b>Funcionalidad</b>	0.511	1.000	2.000	3.000	2.000	8.511	<b>0.2799</b>
<b>Disponibilidad</b>	0.694	0.511	1.000	1.500	1.500	5.206	<b>0.1712</b>
<b>Confiabilidad</b>	0.337	0.337	0.694	1.000	1.000	3.367	<b>0.1107</b>
<b>Utilidad</b>	0.511	0.511	0.694	1.111	1.000	3.828	<b>0.1259</b>
	<b>3.053</b>	<b>4.359</b>	<b>5.889</b>	<b>9.611</b>	<b>7.500</b>		

Fuente: Elaborado a partir de la matrices multicriterio difusa

Donde  $\lambda_{max} = 5.19$ 

$$CI = 0.05$$

$$RC = \frac{CI}{RI} = 0.04 \text{ Como } 0.04 \leq 0.1 \text{ la matriz es consistente}$$

Utilizando la media geométrica para considerar los criterios de los cuatro expertos se tiene:

Tabla 6.9 Resumen de medias geométrica de criterios de expertos para análisis de variables

	Pertinencia			Funcionalidad			Disponibilidad			Confiabilidad			Utilidad		
<b>Pertinencia</b>	0.50	1.00	1.50	1.97	2.47	2.98	1.26	1.83	2.37	1.58	2.12	2.65	0.98	1.57	2.11
<b>Funcionalidad</b>	0.34	0.40	0.51	0.50	1.00	1.50	0.87	1.41	1.94	0.98	1.57	2.11	0.66	1.19	1.70
<b>Disponibilidad</b>	0.42	0.55	0.80	0.52	0.71	1.15	0.50	1.00	1.50	1.00	1.54	2.06	1.41	1.94	2.45
<b>Confiabilidad</b>	0.38	0.47	0.63	0.47	0.64	1.02	0.49	0.65	1.00	0.50	1.00	1.50	0.75	1.32	1.85
<b>Utilidad</b>	0.47	0.64	0.95	0.59	0.84	1.52	0.41	0.52	0.71	0.74	0.76	1.34	0.50	1.00	1.50

Fuente: Elaborado a partir de las matrices multicriterio difusas.



La matriz normalizada considerando  $M_{CRIPS} = \frac{4m+l+u}{6}$  de los valores correspondientes a las medias geométricas de los expertos es la siguiente:

Tabla 6.10 *Datos normalizados de criterios de expertos para análisis de variables (resumen)*

	Pertinencia	Funcionalidad	Disponibilidad	Confiabilidad	Utilidad	Suma	Vect. Prior.
<b>Pertinencia</b>	1.000	2.474	1.825	2.119	1.558	8.977	<b>0.316</b>
<b>Funcionalidad</b>	0.410	1.000	1.410	1.558	1.187	5.565	<b>0.196</b>
<b>Disponibilidad</b>	0.567	0.750	1.000	1.537	1.935	5.788	<b>0.204</b>
<b>Confiabilidad</b>	0.483	0.674	0.680	1.000	1.311	4.149	<b>0.146</b>
<b>Utilidad</b>	0.663	0.912	0.530	0.852	1.000	3.957	<b>0.139</b>
	<b>3.122</b>	<b>5.810</b>	<b>5.446</b>	<b>7.066</b>	<b>6.991</b>	<b>28.436</b>	

Fuente: Elaborado a partir de la matrices multicriterio de los expertos.

Donde  $\lambda_{max} = 5.235$

$$CI = 0.059$$

$$RC = \frac{CI}{RI} = 0.05$$

Como  $0.05 \leq 0.1$  la matriz es consistente

El método de análisis extendido de Saaty y los principios de comparación de los números difusos se emplean para obtener estimaciones de los vectores de peso para los niveles individuales de una jerarquía (Chang D.-Y. , 1996). Sobre la base de los valores difusos de la Tabla 6.10, aplicando el método de extensión, se obtienen valores sintéticos difusos, así:

$$\sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 M_{gi}^j = (0.50, 1.00, 1.50) + (1.97, 2.47, 2.98) + \dots + (0.50 + 1.00 + 1.50)$$

$$\sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 M_{gi}^j = (18.78, 28.13, 39.33)$$

$$\left[ \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 M_{gi}^j \right]^{-1} = (0.03, 0.04, 0.05)$$

$$\sum_{j=1}^4 M_{gi}^j = (0.50, 1.00, 1.50) + (1.97, 2.47, 2.98) + (1.26, 1.83, 2.37) + (1.58, 2.12, 2.65) \\ + (0.98, 1.57, 2.11)$$

$$\sum_{j=1}^4 M_{gi}^j = (6.29, 8.99, 11.60)$$

$$M1 = \sum_{j=1}^4 M_{gi}^j * \left[ \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 M_{gi}^j \right]^{-1} = (0.16, 0.32, 0.62)$$

Similar procedimiento con los demás criterios, obteniéndose los siguientes valores:

Tabla 6.11 Vectores difusos sintéticos resumen expertos en variables

Expertos	l	m	n
<b>M1</b>	0.16	0.32	0.62
<b>M2</b>	0.09	0.20	0.41
<b>M3</b>	0.10	0.20	0.42
<b>M4</b>	0.07	0.14	0.32
<b>M5</b>	0.07	0.13	0.32

A continuación se calculan, en base de comparación, los vectores de ponderación del nivel de valor de la jerarquía, considerando el grado de posibilidad de que  $M_2 \geq M_1$  que se define como:

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} [\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y))]$$

Donde esto es un par (x, y) de modo que  $y \geq x$  y  $\mu_{M_1}(x) = \mu_{M_2}(y)$  y  $V(M_2 \geq M_1) = 1$ .

Mientras  $M_1 = (l_1, m_1, u_1)$  y  $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$  números difusos convexos, entonces:

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M1 \cap M2) = \mu_{M_2}(d) = f(x)$$

$$= \begin{cases} 1, & \text{Si } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{Si } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{otro} \end{cases}$$

Se tiene:

V(M1>M2)	1.00	V(M2>M1)	0.68	V(M3>M1)	0.69
V(M1>M3)	1.00	V(M2>M3)	0.98	V(M3>M2)	1.00
V(M1>M4)	1.00	V(M2>M4)	1.00	V(M3>M4)	1.00
V(M1>M5)	1.00	V(M2>M5)	1.00	V(M3>M5)	1.00
V(M4>M1)	0.48	V(M5>M1)	0.46		
V(M4>M2)	0.82	V(M5>M2)	0.78		
V(M4>M3)	0.79	V(M5>M3)	0.76		

$$V(M_4 > M_5) \quad 1.00 \quad V(M_5 > M_4) \quad 0.96$$

El grado de posibilidad de que un número difuso convexo sea mayor que  $k$  números convexos se define como:

$$\begin{aligned} V(M \geq M_1, M_2, \dots, k) &= V[(M \geq M_1) \text{ y } (M \geq M_2) \text{ y } \dots \text{ y } (M \geq M_k)] \\ &= \min V(M \geq M_i) \quad i = 1, 2, 3, \dots, k \end{aligned}$$

Entonces, suponiendo que:

$$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$$

Para  $k = 1, 2, 3, \dots, n; k \neq i$ .

El peso del vector es:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T$$

$$d(V_1) = \min\{1.00, 1.00, 1.00\} = 1$$

$$d(V_2) = \min\{0.68, 0.98, 1.00, 1.00\} = 0.68$$

$$d(V_3) = \min\{0.71, 1.00, 1.00, 1.00\} = 0.69$$

$$d(V_4) = \min\{0.48, 0.82, 0.79, 1.00\} = 0.48$$

$$d(V_5) = \min\{0.46, 0.78, 0.75, 0.95\} = 0.46$$

Donde:

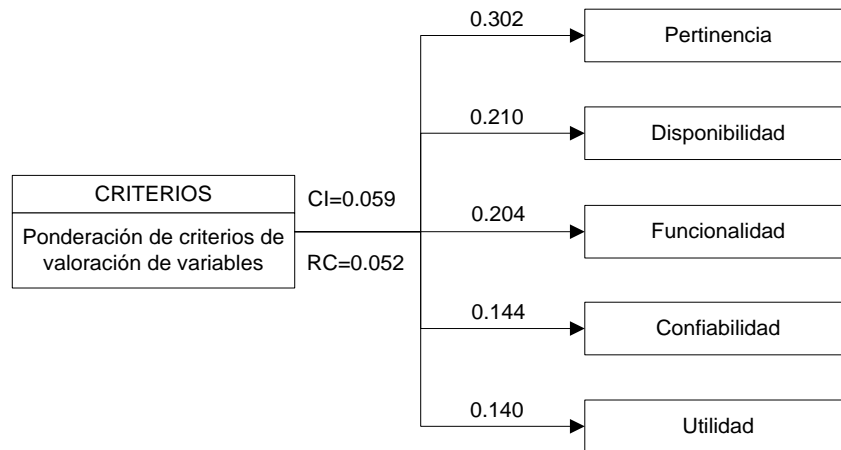
$$W' = (d(V_1), d(V_2), d(V_3), d(V_4), d(V_5))^T$$

$$W' = (1.00, 0.68, 0.69, 0.48, 0.46)$$

Normalizando, el vector de pesos queda:

$$G(W_{v1}, W_{v2}, W_{v3}, W_{v3}, W_{v4}, W_{v5}) = (0.302, 0.204, 0.210, 0.144, 0.140)$$

Es decir la jerarquización ponderada de los juicios para evaluar los criterios relacionados con la resiliencia, es la siguiente:



Gráfica 6.1 Ponderación de juicios para evaluar los criterios relacionados con la resiliencia  
Fuente: Valoración ponderada de Saaty

### 6.3 SELECCIÓN DE VARIABLES DE ESTUDIO

La selección de variables de estudio considera la ponderación realizada de los juicios (pertinencia, funcionalidad, disponibilidad, confiabilidad y utilidad) y un análisis de cada criterio identificado en el Capítulo III, cada uno con su indicador y operadores. Para el análisis, se utiliza una escala de 1, 3, 5, donde 1 indica baja incidencia del juicio sobre el criterio, 3 indica una incidencia media del juicio sobre el criterio y 5 denota una alta incidencia del juicio sobre el criterio. El resultado final de cada criterio está dado por el promedio de las calificaciones otorgadas respecto de los juicios de selección ponderados.

Con el fin de establecer los criterios más relevantes para analizar cada una de las dimensiones, y considerando la metodología de Análisis Jerárquico Multicriterio discreto propuesto por Saaty (1990) en la que se determina que a mayor cantidad de criterios analizados el modelo tiende a ser inconsistente, son seleccionados aquellos que superan la calificación media por cada dimensión de la siguiente manera:

Tabla 6.12 Ponderación general de criterios en la dimensión ecológica

ORD	Variable base	Indicador	Operadores	P	F	D	C	U	POND.
1	Vulnerabilidad natural	Riesgo de amenaza natural	Escala de riesgo para una amenaza de origen natural. Nivel de amenaza global.	5	3	5	3	5	<b>4.30</b>
2	Biodiversidad	Biodiversidad ecológica.	Porcentaje de territorio continental bajo conservación y manejo ambiental versus área total del territorio analizado	5	3	1	3	3	<b>3.18</b>
3	Biodiversidad	Áreas protegidas	Porcentaje de áreas protegidas.	1	5	3	5	1	2.82
4	Agrícola	Erosión	Tasas de erosión.	3	3	3	3	1	2.72
5	Agrícola	Frontera de producción	Nivel de avance de la frontera de producción	3	3	1	3	3	2.57
6	Agrícola	Superficies de cultivo	% de tierras destinadas a superficies de cultivo	1	5	3	3	1	2.53

Fuente: Elaborado a partir del cuadro 3.1

Media de la dimensión ecológica = 3.02, dos criterios seleccionados.

Tabla 6.13 *Ponderación general de criterios en la dimensión económica - regional*

ORD	Variable base	Indicador	Operadores	P	F	D	C	U	POND
1	Estructura económica	Pobreza	Índice de pobreza para países en vías de desarrollo.	5	5	5	5	5	<b>5.00</b>
2	Estructura económica	Equidad de ingreso	Coeficiente de Gini	5	5	5	5	5	<b>5.00</b>
3	Estructura económica	Empleo por sectores	Porcentaje de la población empleada en el sector primario.	5	5	5	5	5	<b>5.00</b>
4	Estructura económica	Empleo	Porcentaje de población ocupada.	5	5	5	5	5	<b>5.00</b>
6	Estructura económica	Diversidad económica	Índice de Herfindahl – Hirschman.	5	5	5	3	5	<b>4.71</b>
7	Estructura económica	Empleo femenino	Porcentaje de mujeres con actividades laborales remuneradas	5	5	3	5	5	<b>4.57</b>
8	Estructura económica	Dependencia económica	Ratio de dependencia económica.	5	5	3	3	5	<b>4.29</b>
9	Renta y consumo	Asequibilidad regional	Porcentaje del ingreso familiar destinado a vivienda.	5	5	3	3	5	<b>4.29</b>
5	Vivienda	Propiedad de la vivienda	% de personas por tipo de vivienda	5	3	5	3	3	<b>4.03</b>
10	Logística	Abastecimiento	Incidencia gravitatoria comercial.	5	3	3	3	5	<b>3.88</b>
11	Vulnerabilidad económica	Vulnerabilidad económica	PIB per cápita por paridad del poder adquisitivo (PPA) a nivel país	5	5	1	3	5	<b>3.86</b>
12	Vivienda	Propiedad de vivienda por raza	Diferencia porcentual entre propietarios de vivienda blancos y mestizos e indígenas	3	5	5	3	1	3.56
13	Renta y consumo	Consumo promedio de los hogares	Porcentaje destinado a consumo por tipo de actividad	3	3	5	3	3	3.43
14	Inflación	Inflación	Índice de inflación	1	5	5	5	1	3.25
15	Renta y consumo	Endeudamiento	Nivel de endeudamiento que mantiene la población	5	3	1	3	3	3.18
16	Renta y consumo	Ingreso	Ingreso per cápita.	3	3	3	3	3	3.00

Fuente: Elaborado a partir del cuadro 3.2

Tabla 6.13. Continuación

17	Renta y consumo	Precios de bienes y servicios	Tasa de crecimiento del índice de precios	1	5	3	3	1	2.53
18	Estructura económica	Actividad laboral	Número de diferentes ocupaciones por habitante	3	3	1	1	3	2.29
19	Estructura económica	Vulnerabilidad económica en producción agrícola	Inestabilidad de la producción agrícola.	3	1	1	3	3	2.16
20	Movilidad	Movilización	Porcentaje de la población con vehículo propio.	1	3	3	3	1	2.12
21	Impuestos	Crecimiento económico	Tasa de crecimiento de impuestos pagados por contribuyentes al estado.	1	3	3	1	3	2.11

Media de la dimensión económico-regional = 3.68, once criterios seleccionados.

Tabla 6.14 Ponderación general de criterios en la dimensión económica - empresarial

ORD	Variable base	Indicador	Operadores	P	F	D	C	U	POND
1	Emprendimiento	Visión empresarial	Nivel de conciencia de la situación, habilidad para detectar oportunidades en entorno de crisis (empresas)	5	3	3	3	5	<b>3.88</b>
2	Emprendimiento	Emprendimiento	Porcentaje de emprendimientos por oportunidad.	5	3	3	3	5	<b>3.88</b>
3	Ambiente empresarial	Ambiente empresarial	Percepción para el desarrollo de la actividad empresarial.	5	3	3	3	5	<b>3.88</b>
4	Emprendimiento	Comportamiento de la empresa frente al desastre	Capacidad de la empresa para desarrollar nuevos productos y servicios en tiempos de crisis.	5	3	3	3	5	<b>3.88</b>
5	Estructura económica	Actividad empresarial femenina	Porcentaje de mujeres en actividades empresariales.	5	3	3	3	3	<b>3.60</b>
6	Emprendimiento	Consciencia económica.	Nivel de comprensión de los factores desencadenantes de una crisis (empresas)	3	3	3	3	3	3.00
7	Estructura económica	Tamaño de las empresas	Porcentaje de empresas con más de 100 empleados.	3	3	3	3	1	2.72
8	Ambiente empresarial	Empresas relacionadas al turismo	Porcentaje de las empresas relacionadas con turismo.	1	3	3	3	3	2.40
9	Logística	Reubicación de los negocios	Posibilidad de reubicación de empresas en base al tipo de empresa.	3	1	1	3	3	2.16
10	Estructura económica	Vulnerabilidad económica en exportaciones	Inestabilidad de exportaciones de bienes y servicios	1	1	2	3	1	1.50

Fuente: Elaborado a partir del cuadro 3.3

Media de la dimensión económico-empresarial = 3.09, cinco criterios seleccionados.



Tabla 6.15 *Ponderación general de criterios en la dimensión socio - regional*

ORD	Variable base	Indicador	Operadores	P	F	D	C	U	POND.
1	Educación	Nivel de educación	Años de educación. Grado o año más alto que asiste o asistió en el sistema nacional de educación.	5	5	5	5	5	5.00
2	Demografía	Edad de la población	Índice de Burgdofer.	5	5	5	5	5	5.00
3	Necesidades especiales	Discapacidades	Porcentaje de la población con discapacidades	5	5	5	5	5	5.00
4	Demografía	Género	Grado de preparación de la familia donde la mujer es jefe de hogar frente a un desastres de origen natural.	5	5	5	5	3	4.72
5	Educación	Educación básica	Tasa de analfabetismo.	5	5	3	5	5	4.57
6	Demografía	Ocupación	Porcentaje de la población por tipo de ocupación. Se consideran relevantes ocupaciones de nivel técnico, profesionales de nivel medio.	3	5	5	5	5	4.40
7	Identidad territorial	Identidad	Percepción de identidad territorial de la población. ¿Qué tan orgulloso se siente de vivir en la zona?	5	5	3	3	5	4.29
8	Salud	Cobertura de seguro de salud	Porcentaje de cobertura de seguro de salud pública.	5	5	3	3	5	4.29
9	Salud	Cobertura médica	Número de médicos por cada 1000 habitantes	5	5	3	3	5	4.29
10	Religión	Influencia religiosa	Porcentaje de creyentes religiosos que consideran que la Fe religiosa en una de las motivaciones para continuar habitando y trabajando en la zona afectada por desastre de origen natural.	5	3	3	3	5	3.88
11	Identidad territorial	Identidad del empresario con el territorio	Percepción de identidad territorial del empresario. ¿Qué tan orgulloso se siente de vivir en la zona?	5	3	3	3	5	3.88
12	Vulnerabilidad social	Vulnerabilidad social	Pobreza por necesidades básicas insatisfechas.	5	5	1	3	5	3.86
13	Criminalidad	Criminalidad	Porcentaje de crímenes por cada 1000 habitantes	3	5	3	3	3	3.41

Fuente: Elaborado a partir del cuadro 3.6

Tabla 6.15. Continuación

14	Psicográfica	Estilo de vida	Nivel de estilo de vida	5	1	1	3	5	3.04
15	Salud	Mortalidad infantil en población de minoría racial	Mortalidad infantil en población indígena	3	3	3	3	3	3.00
16	Gasto público	Gasto escolar	Porcentaje del presupuesto destinado a gasto escolar.	3	3	3	3	3	3.00
17	Demografía	Estabilidad poblacional	Porcentaje de la población que ha nacido en el lugar y continúa viviendo ahí.	3	3	3	3	3	3.00
19	Educación	Educación secundaria	Tasa bruta de matriculación en la escuela secundaria.	3	3	3	3	3	3.00
19	Demografía	Raza	Porcentaje de composición de la población por raza.	3	3	3	3	1	2.72
20	Educación	Resultados escolares.	Porcentaje de trabajadores relevantes en la PEA.	3	3	1	3	3	2.57
21	Migración	Migración extranjera	Porcentaje de migrantes extranjeros en la población total	3	3	1	3	3	2.57
22	Gasto público	Gasto en salud	Gasto en salud por habitante.	3	3	1	3	3	2.57
23	Institucionalidad	Cumplimiento de normas y reglamentos	Grado de cumplimiento de las normas y reglamentos	3	3	1	1	3	2.29
24	Demografía	Familias	Porcentaje de casados que cohabitan	1	3	1	3	3	1.97

Media de la dimensión sociorregional = 3.60, doce criterios seleccionados.

Tabla 6.16 *Ponderación general de criterios en la dimensión socio - comunitaria*

ORD	Variable base	Indicador	Operadores	P	F	D	C	U	POND.
1	Psicográfica	Resiliencia individual	Resiliencia individual. <i>Resilience Scale for Adults.</i>	5	5	3	3	5	4.29
2	Redes	Cohesión familiar	Cohesión familiar en función del <i>Resilience Scale for Adults.</i>	5	5	3	3	5	4.29
3	Redes	Cohesión comunitaria	Competencias sociales de acuerdo a la <i>Resilience Scale for Adults.</i>	5	5	3	3	5	4.29
4	Redes	Asociatividad	Porcentaje de participación de la población en organizaciones ciudadanas.	5	5	3	3	5	4.29
5	Redes	Solidaridad	Nivel de apoyo social determinado por la <i>Resilience Scale for Adults.</i>	5	5	3	3	5	4.29
6	Redes	Liderazgo	Grado de confianza en la comunidad como organización.	5	3	3	3	5	3.88
7	Institucionalidad	Confianza institucional	Grado de confianza en las instituciones públicas.	5	3	3	3	5	3.88
8	Ambiente empresarial	Responsabilidad social empresarial	Grado de percepción de la capacidad de colaboración que tiene el sector empresarial.	5	3	3	3	5	3.88
9	Redes	Asociatividad empresarial	Porcentaje de empresas incorporadas a gremios o asociaciones.	5	3	3	3	3	3.60
10	Institucionalidad	Participación en la toma de decisiones	Porcentaje de la población que considera ha participado en la toma de decisiones de su localidad.	3	3	3	3	3	3.00
11	Religión	Filiación religiosa	Porcentaje de la población con alguna filiación religiosa.	3	3	3	3	3	3.00

Fuente: Elaborado a partir del cuadro 3.7

Media de la dimensión sociocomunitaria = 3.88, ocho criterios seleccionados.

Tabla 6.17 *Ponderación general de criterios en la dimensión experiencial*

ORD	Variable base	Indicador	Operadores	P	F	D	C	U	POND
1	Percepción de riesgo	Percepción sobre capacitación en desastres.	Percepción del nivel de capacitación que tiene la población frente al impacto de desastres de origen natural.	5	5	5	5	5	5.00
2	Percepción de riesgo	Percepción del riesgo.	Concordancia de la percepción del nivel de riesgo por amenazas de origen natural vs grado de riesgo global.	5	5	3	3	5	4.29
3	Percepción de riesgo	Seguridad frente a desastres	Ponderación de porcentaje de familias que cuentan con planes de emergencia, porcentaje de familias que conocen el plan de mitigación de riesgos de la localidad y porcentaje de familias que considera que tienen un alto nivel para afrontar los desastres.	5	3	3	3	5	3.88

Fuente: Elaborado a partir del cuadro 3.8

Tabla 6.17. Continuación

4	Percepción de riesgo	Percepción de experiencia en desastres.	Percepción del nivel de experiencia que considera tiene la población frente a un desastre de origen natural.	5	3	3	3	5	<b>3.88</b>
5	Percepción de riesgo	Identificación con el sistema de gestión del riesgos	Nivel de identidad que tiene la población con el sistema de prevención y mitigación de riesgos de la zona.	5	3	3	3	5	<b>3.88</b>
6	Psicográfica	Expectativas económicas	Percepción de la economía luego del desastre.	5	3	3	3	5	<b>3.88</b>
7	Percepción de riesgo	Afectación a la salud	Percepciones de la afectación de la salud de un fenómeno natural	5	3	3	3	5	<b>3.88</b>
8	Gestión de riesgos	Población afectada por desastres de origen natural	Porcentaje de habitantes afectados por desastres de origen natural, por tipo de desastre.	5	3	1	3	5	3.45
9	Gestión de riesgos	Experiencia en desastres	Porcentaje de la población con experiencia real en desastres. Comprensión de los efectos de un desastre.	5	3	1	3	5	3.45
10	Percepción de riesgo	Afectación de medios de vida	Percepción de afectación de un desastres de origen natural sobre medios de vida	3	3	3	3	3	3.00
11	Logística	Inventarios	Capacidad de abastecimiento de la población durante los primeros 7 días posteriores al desastre de origen natural.	5	1	1	3	3	2.76

Media de la dimensión experiencial = 3.76, siete criterios seleccionados.

Tabla 6.18 *Ponderación general de criterios en la dimensión institucional*

ORD	Variable base	Indicador	Operadores	P	F	D	C	U	POND
1	Gestión de riesgos	Prevención	Porcentaje de la población que ha participado en simulacros de emergencias.	5	5	5	5	5	<b>5.00</b>
2	Gestión de riesgos	Mitigación de riesgos	Conocimiento por parte de la población de la existencia de plan de mitigación de riesgos.	5	3	5	5	5	<b>4.59</b>
3	Gestión de riesgos	Planes de emergencia institucional	Porcentaje de empresas que cuentan con planes de emergencias.	5	5	3	3	5	<b>4.29</b>
4	Gestión de riesgos	Conocimiento de planes de emergencia (empresas)	Porcentaje de empresas que conocen los planes de emergencia de la comunidad.	5	5	3	3	5	<b>4.29</b>
5	Gestión de riesgos	Coordinación institucional	Evidencia de coordinación entre los organismos relacionados con la gestión de riesgos.	5	3	3	3	5	<b>3.88</b>
6	Gestión de riesgos	Participación empresarial en simulacros.	Porcentaje de empresas que participan en simulacros de emergencias	5	3	3	3	3	3.60
7	Institucionalidad	Gobernabilidad	Índice de gobernabilidad. Distribución del poder político.	5	3	3	3	3	3.60
8	Gasto público	Gasto en servicios de emergencia	Porcentaje de gasto público destinado a bomberos, policía, defensa civil y servicios de emergencia.	5	3	1	1	3	2.89
9	Comunicaciones	Libertades	Niveles perceptuales sobre libertad de expresión, asociación y medios	3	3	1	3	3	2.57
10	Institucionalidad	Confianza en el sistema de justicia.	Niveles de percepción sobre la confianza en el sistema de justicia.	3	3	1	3	3	2.57

Fuente: Elaborado a partir del cuadro 3.5

Media de la dimensión institucional = 3.73, cinco criterios seleccionados.

Tabla 6.19 *Ponderación general de criterios en la dimensión infraestructura*

ORD	Variable base	Indicador	Operadores	P	F	D	C	U	POND
1	Servicios básicos	Servicios básicos	Cobertura ponderada de servicios básicos: red eléctrica, red pública de alcantarillado, agua por tubería dentro de la vivienda.	5	5	5	5	5	<b>5.00</b>
2	Infraestructura pública	Infraestructura del sistema de salud	Número de camas por cada 1000 habitantes	5	5	5	3	5	<b>4.71</b>
3	Gestión de riesgos	Monitoreo de desastres	Sistema de monitoreo de desastres de origen natural en funcionamiento.	5	3	5	5	5	<b>4.59</b>
4	Comunicaciones	Cobertura móvil	Porcentaje de cobertura por servicio móvil	5	5	5	3	3	<b>4.44</b>
5	Infraestructura pública	Líneas de vida para evacuación y abastecimiento	Existencia de vías de evacuación, redundancia vial.	5	1	5	5	5	<b>4.18</b>

Fuente: Elaborado a partir del cuadro 3.4

Tabla 6.19. Continuación

6	Vivienda	Planificación urbana	% de viviendas sin permisos de construcción.	5	5	1	1	5	<b>3.58</b>
7	Comunicaciones	Infraestructura del sistema de comunicaciones	Capacidad de operación de los sistemas de comunicación en caso de desastres.	5	1	3	3	5	3.47
8	Vivienda	Antigüedad de edificaciones	Edad promedio de las viviendas	5	3	1	3	3	3.18
9	Comunicaciones	Sistema de comunicación Internet	Porcentaje de la población con acceso a internet.	3	3	3	3	3	3.00
10	Infraestructura pública	Infraestructura del sistema educativo	Cobertura de la infraestructura de educación básica. Escuelas, colegios y número de estudiantes. ¿Son suficientes los cupos en los centros de educación?	3	3	3	3	3	3.00

Media de la dimensión institucional = 3.91. A pesar de que el valor de la media selecciona cinco criterios, en este trabajo se incorpora un sexto criterio que se relaciona con vivienda y su planificación urbana y donde su operador es el porcentaje de vivienda sin permisos de construcción.

## 6.4 CARACTERIZACIÓN Y NORMALIZACIÓN DE CRITERIOS

### 6.4.1 Caracterización económico regional

#### 6.4.1.1 Pobreza.

Altos niveles de pobreza de una región han demostrado tener una relación inversa con la resiliencia de una población frente a un desastre de origen natural. La escasez de medios de vida disminuye los niveles de resiliencia de la población (Ifejika et al., 2014); merma así su capacidad de aprendizaje y su adaptabilidad. La pobreza incrementa la vulnerabilidad y disminuye la adaptabilidad de la población (Morrow, 2008). Norris et al. (2008) considera la pobreza como un factor determinante en la disminución de la resiliencia de una población, recomienda desarrollar los recursos económicos y atender a las áreas de mayor vulnerabilidad social. Para Rodina-Tylor et al. (2012), patrones estructurales de pobreza y marginalización contribuyen directamente a la vulnerabilidad, es decir, disminuyen la resiliencia de los sistemas socioecológicos. Incrementos en vulnerabilidad y disminución de la resiliencia están dados entre otras variables por altos niveles de pobreza de acuerdo a Tierney y Bruneau (2007).

La evaluación de este criterio se la realizará en base al cálculo del índice de pobreza para países en desarrollo PNUD (2005), *HPI-1* que considera la probabilidad al nacer de no sobrevivir la edad de 40 años, tasa de analfabetismo adulto, promedio no ponderado de la población sin acceso sostenible a una fuente de agua tratada y niños de bajo peso para la edad, bajo la siguiente relación:

$$HPI - 1 = \left[ \frac{1}{3} (P_1^\alpha + P_2^\alpha + P_3^\alpha) \right]^{\frac{1}{\alpha}} \quad (35)$$

Donde:

$P_1^\alpha$ : Probabilidad al nacer de no sobrevivir la edad de 40 años

$P_2^\alpha$ : Tasa de analfabetismo adulto

$P_3^\alpha$ : Promedio no ponderado de la población sin acceso sostenible a una fuente de agua tratada y niños de bajo peso para la edad

Debido a que este indicador se encuentra normalizado en una escala de 0 a 100, ya que se expresa en porcentaje, la normalización para el modelo multicriterio se hace dividiendo el valor obtenido para 100, con el fin de tener un valor entre 0 y 1, y se aplica el criterio de normalización *min-max*, donde el objetivo es un mínimo.

#### 6.4.1.2 Equidad de ingreso

La distribución equitativa del ingreso tiene una incidencia positiva en la resiliencia de una población (Cutter et al., 2010; Norris et al., 2008). Augustine et al. (2013) y Östh et al. (2015) consideran que la equidad de ingreso incrementa la capacidad de aprendizaje, autoorganización, adaptabilidad y transformación de la población. La equidad de ingreso es considerada como uno de los elementos más importantes en el desarrollo económico; altos niveles de inequidad afectan el desarrollo, incrementan la vulnerabilidad y disminuyen la resiliencia (Sherrieb et al., 2010).

La evaluación del criterio se realizará a través del coeficiente Gini por ingresos, suponiendo la distribución agrupada por intervalos y siendo  $x_i$  la marca de clase de cada intervalo, el monto que se acumula en el primer intervalo es  $u_1 = x_1 * n_1$  (36), el monto acumulado hasta el segundo intervalo  $u_2 = x_1 * n_1 + x_2 * n_2$  (37) y así sucesivamente hasta  $u_n = \sum x_i * n_i$  (38). Los porcentajes del monto total acumulados hasta cada intervalo se pueden obtener así:  $q_i = \frac{u_i}{u_n} * 100$  (39), y de la misma manera para cada intervalo el porcentaje de los individuos que lo integran  $q_i = \frac{N_i}{N} * 100$  (40).

$$G = \frac{\sum_{i=1}^{K-1} (p_i - q_i)}{\sum_{i=1}^{K-1} p_i} \quad (41)$$

Este indicador presenta valores entre 0 y 1, siendo 1 el valor de máxima concentración y 0 el de máxima uniformidad. Para la normalización se aplica el procedimiento *min-max* en el que el objetivo es un mínimo.

#### 6.4.1.3 Empleo

El desempleo es considerado por Briguglio et al. (2009) como un factor crítico para la estabilidad macroeconómica de una región, es decir, como una variable que incide negativamente en la resiliencia. El desempleo también genera desequilibrios en los mercados locales, teniendo una repercusión directa en la adaptabilidad de una región luego de ser afectada por un evento interno o externo. Los autores recomiendan tratar el desempleo de manera conjunta con la inflación. Kusumastuti et al. (2014) consideran el



desempleo como un indicador de vulnerabilidad de la población e incorporan dentro del análisis de la resiliencia el número de miembros familiares que cuentan con empleo. Este indicador es tomado como relevante en el análisis de la resiliencia en una determinada región.

La evaluación de este criterio considera los valores porcentuales de la población ocupada, que son personas de 10 y más años de edad que, en la semana de referencia censal, declararon: haber trabajado al menos una hora, no trabajó pero tienen trabajo, al menos una hora fabricó algún producto o brindó algún servicio, al menos una hora ayudó en algún negocio o trabajo de un familiar, al menos una hora realizó labores agrícolas o cuidó animales. Los valores son normalizados dividiendo el porcentaje identificado para 100. Así el valor para esta variable está entre 0 y 1.

#### 6.4.1.4 Empleo por sectores.

Los niveles de empleo en una población tienen un efecto positivo sobre la resiliencia en una población (Tierney et al, 2001). Sin embargo, para Adger (2000), Berkes y Campella, (2006) y Cutter et al. (2010), los niveles de empleo que se concentran en sectores primarios como agricultura, pesca, silvicultura y otras industrias extractivas, tienen una relación negativa sobre la resiliencia, por la susceptibilidad que tienen frente a los desastres de origen natural.

La evaluación de este criterio considera el porcentaje de la población empleada en el sector primario, es decir, cuya rama de actividad sea: la agricultura, ganadería, silvicultura, pesca, la explotación de minas y canteras. Los valores serán normalizados dividiendo el valor identificado para 100; así está entre 0 y 1. Se considera el procedimiento *min-max*, donde el objetivo es un mínimo.

#### 6.4.1.5 Diversidad económica.

La diversidad económica es significativa y tiene una relación directa con la resiliencia; altos niveles de diversidad económica incrementan la adaptabilidad y capacidad de transformación de la población (Augustine et al., 2013). Las economías locales que dependen demasiado de un puñado de industrias en general son más vulnerables que otras economías (Östh et al., 2015) y, por lo tanto, son menos resilientes. La diversificación de negocios dispersa el empleo regional entre diversos empleadores e industrias, generándose estabilidad e incrementándose la resiliencia regional (Sherrieb et al., 2010). Ampliando el concepto de diversidad dado en ecología hacia la economía, Martin y Sunley (2013) plantean que la diversidad en las actividades económicas genera redundancia, que es una propiedad inherente a la resiliencia. Bajo esta consideración, altos niveles de diversidad económica generan altos niveles de redundancia y resiliencia en los sistemas territoriales.

La evaluación de este criterio se realiza a través del índice de Herfindahl-Hirschman (HHI), y sobre la base del Censo Nacional Económico 2010, donde  $i$  es el número de establecimientos por sector y  $S_i$  la participación porcentual en relación al total.

$$HHI = \sum_{i=1}^n S_i^2 ; \text{donde } i = 1 \dots n. \quad (42)$$

Los parámetros de lectura de este índice establecen que:

- Un *HHI* bajo 1500 se interpreta como un mercado no concentrado
- Un *HHI* entre 1500 y 2500 se interpreta como un mercado moderadamente concentrado.
- Un *HHI* sobre los 2500 indica un mercado altamente concentrado.

La normalización de este índice considerará los siguientes categorías:

- [0,1500] se calificará con 1
- [1500,2500] se calificará con 0.5
- [2500, en adelante] se calificará con 0

#### 6.4.1.6 Empleo femenino.

La actividad laboral femenina, para la *National Research Council* (2006), mejora las capacidades de aprendizaje, autoorganización, adaptabilidad y transformación, lo que se traduce en un aumento en la resiliencia de la población. La evaluación de este criterio considera el porcentaje de la población femenina empleada con remuneración. Los valores serán normalizados dividiendo el porcentaje identificado para 100. El valor para esta variable está entre 0 y 1; se aplica el procedimiento *min-max*, donde el objetivo es un máximo.

#### 6.4.1.7 Dependencia económica.

La dependencia social de la población es considerada por *The Heinz Center* (2002) y Ifejika et al. (2014) como relevante en los procesos de recuperación luego del impacto de un desastre de origen natural. Personas que son dependientes social y económicamente de otras reducen la resiliencia en una zona afectada, hacen que los procesos de adaptabilidad y autoorganización sean más lentos. Más allá de la dependencia económica, los estudios de Ainuddin y Routray (2012) revelan que las personas mayores de 60 años son más vulnerables a los desastres de origen natural debido a sus limitaciones de movilidad.

Para el análisis de este criterio se recurre al cálculo del ratio de dependencia económica<sup>54</sup> propuesto por Ifejika et al. (2014): personas menores de 14 años y mayores de 64 dividido por personas entre 15-64 años. Mientras el valor del ratio aumenta, se incrementa la carga sobre la parte productiva de la población que la mantiene. La relación es la siguiente:

$$T = \frac{n_1}{n_2} * 100 \quad (43)$$

Donde *T* es el total de la tasa de dependencia, *n*<sub>1</sub> número de personas entre 0 y 14 años y los mayores de 65 años, *n*<sub>2</sub> número de personas entre 15 y 64 años. La normalización se dará por categoría, otorgándose un valor de 1 si es menor a 100 y 0 si es mayor a 100.

<sup>54</sup> Índice demográfico desarrollado por el Banco Mundial.

#### 6.4.1.8 Asequibilidad regional.

La asequibilidad regional compara el costo de la vivienda con el nivel de ingresos disponibles para pagar por esa vivienda. Si el costo de la vivienda es muy alto, deja sin capacidad de ahorro a la población, incrementado su vulnerabilidad y disminuyendo su resiliencia (Augustine et al., 2013). Para Östh et al. (2015), el gasto medio adecuado de una familia en vivienda no debe ser mayor al 35% de sus ingresos.

Para el análisis de este criterio se considera la encuesta de resiliencia comunitaria en la que se pregunta “¿Qué porcentaje del ingreso familiar?, usted lo destina a las siguientes opciones: alimentación, vivienda (incluye servicios básicos), salud, educación transporte, vestido, actividades recreativas (entretenimiento y vacaciones)”. El porcentaje correspondiente a vivienda se utiliza para el análisis, considerándose para su normalización que, si el valor supera el 35%, el criterio se calificará con 0 y, si es menor a 35%, se valorará con 1.

#### 6.4.1.9 Propiedad de la vivienda.

La propiedad de la vivienda es un factor que promueve la resiliencia comunitaria fortaleciendo su adaptabilidad (Cutter et al., 2008; Norris et al., 2008). Östh et al. (2015) proponen medir el porcentaje de la población que reside en viviendas propias en cada municipio. Para el análisis de este criterio se considera el porcentaje de los hogares que habitan en vivienda propia. Los datos se obtienen de la encuesta de resiliencia comunitaria en la que se plantea la pregunta “¿En qué tipo de vivienda vive su familia?” Las opciones son:

- Propia, totalmente pagada
- Propia y la está pagando
- Regalada, donada, heredada o posesión
- Prestada o cedida
- Por servicios
- Arrendada
- Anticresis

El valor para este criterio se obtiene considerando el porcentaje acumulado entre vivienda propia y totalmente pagada y propia y la está pagando, dividido para 100, obteniéndose un valor dentro del rango 0 y 1; para la normalización se aplica el procedimiento *min-max*, donde el objetivo es un máximo.

#### 6.4.1.10 Abastecimiento

La localización en relación a los centros de abastecimiento (otras ciudades) permite a una región tener una mayor adaptabilidad frente a un desastre; la cercanía a estos puntos hacen que se incremente la resiliencia (United Nations, 2008).

El análisis de este criterio se realiza calculando el punto de indiferencia entre las poblaciones geográficamente más cercanas al centro de la población de estudio (Chasco, 2000; Chasco y García, 1997). Se utiliza la siguiente fórmula:

$$Dal = \frac{D}{1 + \sqrt{\frac{Pb}{Pa}}} \quad (44)$$

Siendo:

$Dal$  = Punto de indiferencia entre dos localidades en el cual las personas serán indiferentes a comprar o gravitar comercialmente en cualquiera de dichas localidades.

$D$  = Distancia en kilómetros entre las ciudades en análisis.

$Pa$  = Población de la localidad a.

$Pb$  = Población de la localidad b.

Los resultados se normalizan bajo las siguientes premisas:

- Si existe una población que tiene una incidencia gravitatoria comercial con la población de estudio, la calificación será de 0.5.
- Si existe más de una población que tiene una incidencia gravitatoria comercial con la población de estudio, la calificación será de 1.00.
- Si no existe una población que tenga una incidencia gravitatoria comercial con la población de estudio, la calificación será de 0.

#### 6.4.1.11 Vulnerabilidad económica

Briguglio et al. (2009) y Angeon y Bates, (2015) consideran la vulnerabilidad económica como uno de los elementos principales a incorporar en el análisis de la resiliencia en un determinado territorio. Rygel et al. (2006), al construir un índice de vulnerabilidad social, consideran la vulnerabilidad económica como uno de sus principales componentes, por lo que un sistema económico vulnerable pierde resiliencia frente al impacto de fenómenos internos o externos.

No existe un consenso para definir un índice de vulnerabilidad económica. Las propuestas generalmente utilizan como componentes el PIB, el tamaño de la población, la ubicación respecto de centros de mercado, la inestabilidad de exportaciones de bienes y servicios, entre otras, en fin, variables macroeconómicas. Siguiendo la visión de la propuesta de constructo de este indicador, y en la búsqueda de estandarizar el modelo de análisis de la resiliencia, en este trabajo se utilizará el PIB per cápita por paridad del poder adquisitivo (PPA) a nivel país (Banco Mundial, 2015), que considera el producto interno bruto convertido a dólares internacionales utilizando las tasas de paridad del poder adquisitivo; es decir, un dólar internacional tiene el mismo poder adquisitivo sobre el PIB que el que posee el dólar de los Estados Unidos en ese país.

Para la normalización se considera un valor de 0 cuando el PPA del país está por debajo del promedio de la región para el caso propuesto (América Latina) y 1 cuando es superior a este valor.

## 6.4.2 Caracterización económica empresarial

### 6.4.2.1 Visión empresarial

Una visión empresarial optimista y realista en un proceso de crisis permite al sistema económico recuperarse, desarrollando capacidades adaptativas internas y externas que fomentan la autoorganización y el aprendizaje, dando como resultado altos niveles de resiliencia (McManus et al., 2007).

El análisis de este criterio se realiza a través de la encuesta que levanta información sobre la resiliencia del sistema económico. La pregunta es preparada con tres opciones con su respectiva escala Likert. Su objetivo es identificar la perspectiva que tienen los empresarios sobre la afectación que tuvo el desastre de origen natural y la posibilidad de encontrar oportunidades en este. Así:

¿Qué tan de acuerdo o desacuerdo está usted respecto de las siguientes afirmaciones?

	Muy de acuerdo	De acuerdo	En desacuerdo	En total desacuerdo
a) El volcán Tungurahua trajo desgracias	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b) El volcán Tungurahua generó nuevas oportunidades	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c) El volcán Tungurahua me ha sido indiferente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

La normalización de este criterio obedece al resultado tabulado de la opción b), para la que se considera una escala de Likert que es valorada de la siguiente forma: la calificación de muy de acuerdo se multiplica por 1, de acuerdo se multiplica por 0.75, en desacuerdo y total desacuerdo se multiplica por 0. El valor máximo de la escala es el número total de encuestas válidas y el mínimo es 0. Se aplica la fórmula de normalización *min-max*, donde el objetivo es un máximo.

### 6.4.2.2 Emprendimiento

La necesidad de una inmediata recuperación económica en las zonas afectadas por desastres de origen natural, requiere de una alta capacidad emprendedora en el territorio, por lo que su capacidad de recuperación debe ser inmediata y con una visión de aprovechamiento de oportunidades antes que por supervivencia, ya que el primer caso asegura procesos de desarrollo empresarial sólidos que permitirán mejorar la adaptabilidad de la región (Ayala y Manzano, 2014; Bosma et al., 2012). La resiliencia no es responsabilidad exclusiva del sector público, los emprendedores tienen una incidencia directa en el desarrollo económico y son la clave en la reactivación económica (Cowell, 2013).

El análisis de este criterio se realiza a través de la encuesta que levanta información sobre capacidad emprendedora. Se diseña una pregunta con cinco opciones de respuesta y su objetivo es identificar el principal motivo que ha tenido el emprendedor para iniciar una actividad empresarial.

¿Cuál fue la razón por la que se involucró en este negocio?

- a) Aprovechar una oportunidad de negocio
- b) No tenía mejores opciones de trabajo
- c) Una combinación de las dos opciones anteriores
- d) Tenía un trabajo pero busco mejores oportunidades
- e) Otros

La normalización de este criterio obedece al resultado tabulado, multiplicando cada opción por los siguientes factores: opción a) \* 1.0, opción b) \* 0.25, opción c) \* 0.5, opción d) \* 1.0 y la opción e) \* 0.25. El valor máximo de la escala es el número total de encuestas válidas<sup>55</sup> y el mínimo es el número total de encuestas válidas multiplicado por 0.25. Se aplica la fórmula de normalización *min-max*, donde el objetivo es un máximo.

#### 6.4.2.3 Ambiente empresarial

Augustine et al. (2013) determinan que un ambiente empresarial desfavorable incrementa la vulnerabilidad económica de la población haciéndola menos resiliente. Plantean diversas formas de medición, pero para este trabajo se utiliza información de fuentes primarias. A través de estas, se busca indagar sobre la percepción del empresario para el desarrollo de sus actividades económicas.

El análisis de este criterio se realiza a través de la encuesta que levanta información sobre la resiliencia del sistema económico. Se diseña una pregunta con ocho opciones de respuesta en escala Likert, cuyo objetivo es identificar el apoyo que el empresario recibe de la sociedad y su medio (Bosma et al., 2012). Los ítems a, b, c, y g determinan un “ambiente favorable”, mientras que las opciones d, e, f y h determinan un “ambiente inadecuado”. El modelo de análisis multidimensional de la resiliencia considera como *inputs* los ítems relacionados con “ambiente favorable”.

La valoración social del empresario considera el apoyo que recibe de la sociedad y su medio. Del siguiente recuadro marque con una X el grado de acuerdo o desacuerdo que usted identifica en las siguientes opciones. Utilizando la siguiente escala:

	Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Neutro	De acuerdo	Muy de acuerdo
a) Su familia valora la actividad empresarial por encima de otras.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b) Sus amigos valoran su actividad empresarial por encima de otras.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c) La cultura del país es muy favorable a la actividad empresarial.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
d) Muchas personas consideran poco aceptable ser empresario.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
e) Se tiene a pensar que los empresarios se aprovechan de los demás.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
f) El papel del empresario en la economía está poco reconocido.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
g) Se considera que la actividad empresarial vale la pena, pese a los riesgos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
h) Los empresarios representan una pérdida para la sociedad.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

<sup>55</sup> No se consideran en respuestas válidas aquellas que contestan la opción e) otros.



La normalización de este criterio obedece al resultado tabulado y agrupado en escala lingüística de las opciones de respuesta a, b, c, y g, estableciendo cuatro posibilidades muy favorables que se multiplican por 1, favorable que se multiplica por 0.75, indiferente por 0.5, poco favorable y nada favorable por 0. La normalización termina aplicando la fórmula *min-max*, donde el objetivo es el valor máximo.

#### 6.4.2.4 Comportamiento de la empresa frente al desastre

El efecto que produce el impacto de un desastre de origen natural sobre el sistema empresarial obliga a que este presente una respuesta inmediata para adaptarse a las nuevas condiciones del entorno. Una respuesta que demuestre adaptabilidad presenta procesos de innovación (Sabatino, 2016). El análisis de este criterio se realiza a través de la encuesta relacionada con la resiliencia del sistema económico. La pregunta es preparada con seis opciones de respuesta y su objetivo es identificar las acciones emprendidas por el empresario frente a cambios en el comportamiento de clientes en las etapas críticas del desastre de origen natural, así:

En respuesta al comportamiento de clientes durante las etapas más críticas de la erupción del volcán Tungurahua, su empresa:

	SI	NO
a) Cambió la calidad de su producto o servicio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b) Incrementó los gastos en marketing	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c) Introdujo nuevos productos/servicios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
d) Cambió el precio de sus productos/servicios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
e) Cambió de línea de negocio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
f) Otros	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

La normalización de este criterio obedece al resultado tabulado de la opción c) en la que se contesta de manera afirmativa. El valor máximo de la escala es el número total de encuestas válidas y el mínimo es 0. Se aplica la fórmula de normalización de *min-max*, donde el objetivo es un máximo. A pesar de no integrar el modelo de análisis multidimensional de resiliencia, se plantean otros criterios que amplían con mayor detalle el comportamiento de la empresa frente al desastre:

Los cambios/mejoras que ha realizado en su empresa han sido:

	SI	NO
a) Utilizando ideas de otros negocios que las adaptó a su empresa.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b) Ideas <b>nuevas</b> para Baños, pero que en otros lugares han dado buenos resultados.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c) Ideas nuevas que no existen en Baños ni en otros lugares.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



¿Qué es lo que le obliga a innovar (cambiar y mejorar) es su empresa/negocio?

	SI	NO
a) Las exigencias del cliente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b) La competencia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c) Disminuir los costos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
d) Las tendencias del mercado (modas y tendencias)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
e) Cambios tecnológicos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
f) Mejora del medio ambiente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
g) Los problemas y riesgos ambientales en Baños	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
h) Otro (especifique)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

#### 6.4.2.5 Actividad empresarial femenina

Al ser el emprendimiento necesario para la recuperación de zonas afectadas por desastres de origen natural, deben considerarse tres elementos: resiliencia, ingenio y optimismo, factores que, de acuerdo a Ayala y Manzano (2014), son más evidentes en las mujeres. Dentro del estudio demográfico de la resiliencia, el *Nacional Research Council* (2006) y Ayala y Manzano (2014) plantean que la participación laboral y en emprendimientos por parte de las mujeres son determinantes en los procesos de aprendizaje, autoorganización, adaptabilidad y transformación de una población, logrando regiones más resilientes.

Para el análisis de este criterio se considera el porcentaje de mujeres en actividades empresariales<sup>56</sup> (gerente o propietario) respecto de los establecimientos censados. La normalización de este indicador es por categorías. Se establece que, si la participación de la mujer supera el 50%, la calificación será de 1; si es menor al 50% y mayor al 30%, se califica con 0.5; si el valor es menor al 30%, se calificará el criterio con 0. A pesar de no estar considerado en el modelo de análisis multidimensional de la resiliencia, pero con fines explicativos del criterio, se analiza el porcentaje de negocios cuyo gerente o propietario es una mujer y tiene registro en el sistema de rentas internas. Esto proporciona una idea de formalidad o informalidad en la actividad empresarial femenina.

### 6.4.3 Caracterización sociorregional

#### 6.4.3.1 Nivel de educación

Cinner y Fuentes (2009) consideran necesarias las inversiones en educación, debido a que esta promueve altos niveles de flexibilidad en la población que las hace más resilientes, permitiéndoles procesos de autoorganización más rápidos y proactivos. Altos niveles de educación promueven la capacidad de aprendizaje, autoorganización, adaptabilidad y transformación en la población, incrementando así su resiliencia (Cutter et al., 2010; Ifejika et al., 2014)

<sup>56</sup> La fuente de información es el Censo Nacional Económico 2010 desarrollada por INEC de Ecuador.

Para el análisis de este criterio se considera como referencia el grado o año más alto que asiste o asistió en el sistema de educación a nivel nacional (dato censal 2010 por cantones/municipios). Para la normalización de este criterio se considera el método de estandarización estadística o *z-score*, que considera la estructura de curva normal estableciendo tres zonas: la primera donde el límite inferior es una desviación estándar y donde se asignará el valor de 1; la segunda donde el límite superior es una desviación estándar sobre el promedio y el inferior es menos una desviación estándar sobre el promedio y donde se asignará el valor de 0.5; para valores menores a una desviación por debajo del promedio se asignará el valor de 0.

#### 6.4.3.2 Edad de la población

Para Cutter et al. (2010) y Morrow (2008), la edad es un factor que influye en la resiliencia de población cuando esta busca recuperarse de un desastre. Una población envejecida disminuye su capacidad de autoorganización y adaptabilidad. Para analizar este criterio se utiliza el índice de Burgdofer, el cual compara los porcentajes de población agrupándola en rangos de 5 a 14 años y de 45 a 64 años. Si el primero es mayor que el segundo, el resultado es una población joven; si el valor es menor, es una población vieja (CEPAL, 2016).

$$\text{Índice de Burgdofer} = \frac{\text{Porcentaje de la población de 5 a 14 años}}{\text{Porcentaje de la población de 45 a 64 años}} \quad (45)$$

La normalización considera tres niveles (categorías): cuando el valor del índice es superior a 1, se asigna un valor de 1 al modelo; si el valor es 1, se asigna el 0.5; y si el índice es menor a 1, se asigna el valor de 0 al modelo.

#### 6.4.3.3 Discapacidades

Para Cutter et al. (2010) y *The Heinz Center* (2002), la población con discapacidades sensoriales, físicas o enfermedades mentales tienen una incidencia negativa sobre los niveles de resiliencia de una población. Para analizar este criterio se considerará el porcentaje de discapacitados en la población, información que se obtiene del organismo encargado de este registro a nivel nacional (CONADIS). Al ser un valor porcentual, la normalización se realiza dividiendo el valor obtenido para 100 y se aplica el criterio de *min-max*, donde el objetivo es un mínimo.

#### 6.4.3.4 Género

Para Cutter et al. (2008), el equilibrio de género así como otras combinaciones con esta variable permiten determinar ciertas características relacionadas con la resiliencia de una población. El PNUD (2010) considera que existe una estrecha relación entre la igualdad de género y la capacidad de recuperación frente a los desastres, a la vez que destaca la importancia de esta relación con el logro de los objetivos de desarrollo del milenio.

Para la interpretación de este criterio en el modelo de análisis multidimensional de la resiliencia, se considera la encuesta de resiliencia comunitaria, dentro de la cual se determina el grado de preparación que tiene la familia donde la mujer es jefe de hogar. La pregunta que hace referencia a las mujeres jefes de hogar es la siguiente: “¿Cuál considera usted que es el

grado de preparación que tiene su familia frente a un desastre de origen natural?” Las opciones de respuesta corresponden a una escala de Likert de cuatro opciones desde muy alto a muy bajo.

Para la normalización de este criterio, primero se multiplican las calificaciones de las categorías muy alto por 1, alto por 0.75, bajo por 0.25 y bajo por 0, para posteriormente sumarlas y luego al resultado aplicar el método *min-max*, donde el valor máximo es el número de mujeres jefes de hogar y el mínimo es 0. El objetivo en este caso es un máximo.

#### 6.4.3.5 Educación básica

La educación es vista por Norris et al. (2008) y Kusumastuti et al. (2014) como un factor determinante para la resiliencia, ya que incrementa en la población su capacidad de aprendizaje, autoorganización y adaptabilidad. A pesar que el promedio de escolaridad es importante en el estudio de la resiliencia, se considera que regiones con altos porcentajes de su población que ha cumplido la educación básica tiene mejores posibilidades para desarrollar sus capacidades de aprendizaje, adaptabilidad y transformalidad.

Este criterio se analiza identificando la tasa de analfabetismo, que es considerada como la población de 15 y más años de edad que no sabe leer y escribir, expresado como porcentaje de la población de la misma edad que respondieron a la pregunta que sabe leer y escribir.

$$ANALF = \frac{P \text{ ANALF}_{15 \text{ y más años de edad}}}{N_{(15 \text{ y más años de edad que saben leer y escribir)}} \quad (46)$$

La normalización de este criterio es a través del método de estandarización estadística *z-score*, que considera la estructura de curva normal estableciendo tres zonas: la primera donde el límite inferior es una desviación estándar y donde se asignará el valor de 0, la segunda donde el límite superior es una desviación estándar sobre el promedio y el inferior es menos una desviación estándar sobre el promedio y donde se asignará el valor de 0.5, para valores menores a una desviación por debajo del promedio se asignará el valor de 1.

#### 6.4.3.6 Ocupación de la población

De acuerdo a opiniones de expertos, la resiliencia se fortalece cuando la región cuenta con una población con altos niveles de capacitación. Esto permite que en caso de afectación por un fenómeno natural, los procesos de autoorganización, adaptabilidad y transformación sean oportunos y efectivos.

Este criterio considera el porcentaje de la población que, dentro de la clasificación por grupos de ocupación (personas de 10 años y más ocupadas por grupo de ocupación, INEC 2010), se encuentran en los grupos de técnicos, profesionales de nivel medio, profesionales, científicos, intelectuales, directores y gerentes. Los valores son normalizados por categoría considerando los siguientes límites:

- Entre 13.87% y más, se calificará con 1
- Más 8.88% y menos de 13.87%, se calificará 0.5
- Menos de 8.88%, se calificará con 0

Los límites de las categorías se determinan en función del valor nacional y provincial (CENSO, 2010), siendo el valor nacional para el grupo de técnicos, profesionales de nivel medio, profesionales, científicos, intelectuales, directores y gerentes de 13.87%, mientras que el provincial es de 8.88%.

#### 6.4.3.7 Identidad

Dentro de los valores que generan la cohesión comunitaria necesaria para la resiliencia, Cutter et al. (2008) se encuentran la identidad territorial y familiar (Cannon, 2008). Por otro lado, Bruyelle et al. (2014) consideran que la identidad social se ve fortalecida por el desastre y que se presenta como un disparador de la autoorganización que promueve la resiliencia. La identidad es considerada por Cavallo y Ireland (2014) como un componente esencial en el capital social que promueve la resiliencia, ya que fundamentalmente facilita los procesos de autoorganización, adaptabilidad, aprendizaje y transformación en regiones afectadas por desastres de origen natural.

Para analizar este criterio, se considera el cuestionario relacionado con el análisis de la resiliencia comunitaria en el que se establece la siguiente pregunta: “¿Qué tan orgulloso se siente usted de vivir en Baños?”, con opciones dentro de una escala de Likert de cuatro puntos que va desde “muy orgulloso” a “no está orgulloso”. La normalización de este criterio es por categorías, asignándose el valor de 1 a la percepción de “muy orgulloso”, 0.75 a “orgulloso”, 0.25 a “no tan orgulloso” y 0 a la de “no está orgulloso”.

El análisis de este criterio se amplía con una pregunta del cuestionario, que tienen un carácter explicativo y que no están incorporada en el modelo multidimensional de análisis de la resiliencia. Esta es:

¿Qué tan orgulloso está usted de Baños en los siguientes puntos?

	Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Neutro	De acuerdo	Muy de acuerdo
a) Sus logros económicos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b) Su capacidad de organización ciudadana.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c) Su sistema de prevención de riesgos respecto al volcán Tungurahua.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
d) Sus autoridades cantonales.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
e) Sus autoridades del gobierno central.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
f) Su infraestructura vialidad, educación, salud, servicios básicos)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
g) Su historia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

#### 6.4.3.8 Cobertura de seguro de salud.

La cobertura de seguro de seguro médico tiene un efecto positivo en la resiliencia frente a eventos adversos (Cutter et al., 2010). Por otra parte, para Augustine et al. (2013) este criterio es relevante al tratar la resiliencia económica de la población. Para abordar este criterio se analiza la cobertura en seguros de salud por parte de la población. Para este caso se considera a la población que tiene cobertura de seguridad social. Los valores serán normalizados dividiendo el valor identificado para 100, estableciendo un rango de respuesta entre 0 y 1. Con fines explicativos se indica el porcentaje de la población que cuenta con seguro de salud privado.

#### 6.4.3.9 Cobertura médica.

Conservar la salud física y mental de la población incrementa su adaptabilidad. Para Norris et al. (2008), la cobertura médica permite identificar el estado de los servicios de salud. Para tratar este criterio se analiza la cobertura médica de la población. Para este caso, se considera el número de médicos por cada 10000 habitantes. De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), una razón adecuada para este indicador es de 23 médicos por cada 10000 habitantes. Los valores serán normalizados considerando valores dicotómicos de 0 y 1, siendo 0 si la razón es menor a 23 médicos y 1 si es mayor.

#### 6.4.3.10 Influencia religiosa.

Para Berkes y Ross (2013), los valores y creencias de la comunidades son determinantes en su resiliencia, ya que les facilitan su adaptabilidad y promueven la autoorganización. Para analizar este criterio, considera la encuesta sobre resiliencia comunitaria cuando se pregunta “¿Qué tan de acuerdo o en desacuerdo está frente a la afirmación de que la Fe religiosa es una de las razones por las que Baños continúa desarrollándose a pesar de las erupciones del volcán Tungurahua?” Las opciones de respuesta se plantean en una escala de Likert de cuatro opciones y los resultados son tabulados calificando las frecuencias de cada opción así: la opción “muy de acuerdo” es multiplicada por 1, la opción “de acuerdo” es multiplicada por 0.50 y las opciones “en desacuerdo” y “en total desacuerdo” se multiplican por cero, es decir, no dan puntaje. Con fines explicativos, utilizando la encuesta para análisis de la resiliencia comunitaria, se indica el porcentaje de la población que considera que el fenómeno natural es el resultado de predestinaciones divinas, también el nivel de prioridad que tiene esa entidad como soporte o auxilio en momentos críticos para las personas. Las preguntas son las siguientes:

- a. Frente a una tragedia personal o familiar, usted acude por ayuda a: ordene por prioridades (siendo 1 más importante y 4 menos importante) a: Dios, familia, profesionales especialistas, amigos.
- b. La erupción del volcán Tungurahua usted considera que ha sido...(por puede escoger varias opciones): a) Determinado por Dios, b) Determinado por los ciclos de la naturaleza, o; c) Determinado por la influencia del hombre.

#### 6.4.3.11 Identidad del empresario con el territorio.

Para Bruyelle et al. (2014), los desastres pueden llegar a generar identidad social entre los miembros de la comunidad que lo experimentan, dando como resultado procesos de apoyo mutuo que promueven la autoorganización de la población. El apoyo se da en torno a las habilidades, destrezas y potencialidades individuales, por lo que los emprendedores en estos casos actúan como catalizadores del proceso de reactivación económica. Este tipo de comportamientos pueden evidenciarse en la etapa de postdesastres.

Para el análisis de este criterio se considera la encuesta orientada a determinar la resiliencia del sistema empresarial. Se pregunta: “¿Qué tan orgulloso se siente usted de vivir en Baños?”, con opciones dentro de una escala de Likert de cuatro puntos que van desde “muy orgulloso” a “no está orgulloso”. La normalización de este criterio es por categorías, asignándose el valor de 1 a la percepción de “muy orgulloso”, 0.5 a “orgulloso”, 0.25 a “no tan orgulloso” y 0 a la de “no está orgulloso”. Se plantea una pregunta explicativa que amplía la comprensión de este criterio.

¿Qué tan orgulloso está usted de Baños en los siguientes puntos?

	Muy orgulloso	Orgulloso	No tan orgulloso	No estoy orgulloso	No puedo seleccionar
a) Sus logros económicos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b) Su capacidad de organización ciudadana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c) Su sistema de prevención de riesgos respecto al Volcán Tungurahua	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
d) Sus autoridades cantonales	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
e) Sus autoridades del gobierno central	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
f) Sus infraestructura (vialidad, educación, salud, servicios básicos)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
g) Su historia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

#### 6.4.3.12 Vulnerabilidad social

Morrow (2008) y Tierney y Bruneau (2007) comprenden la vulnerabilidad social como multivariante y considera que se encuentra relacionada de forma directa con la capacidad de aprendizaje y adaptabilidad: al incrementarse la vulnerabilidad social de una población, disminuye su resiliencia. Cutter et al. (2008) consideran que la vulnerabilidad social es un aspecto importante en el tratamiento de la resiliencia, que se debe ahondar en sus causas y efectos considerando un horizonte temporal.

Este factor usualmente considera aspectos relacionados con el analfabetismo de la población adulta, la desnutrición en los niños, la pobreza de consumo en los hogares, el riesgo de mortalidad de los niños menores de un año y la presencia de comunidades étnicas rurales. El indicador relacionado con la pobreza por necesidades básicas insatisfechas (hogares) satisface algunos de los parámetros que se proponen como base para el análisis de la vulnerabilidad social. Este indicador está presente en las estadísticas de país con niveles de



desagregación que le permiten ser incorporado al estudio de resiliencia en pequeñas circunscripciones territoriales. Las necesidades básicas, de acuerdo a las fichas metodológicas del Censo Nacional de Población y Vivienda 2010, son un conjunto de necesidades que deben ser satisfechas por un hogar o persona, cuyas dimensiones contemplan:

- Características físicas de la vivienda.
- Disponibilidad de servicios básicos de la vivienda.
- Asistencia de los niños en edad escolar a un establecimiento educativo.
- Dependencia económica del hogar.
- Hacinamiento.

La normalización se realiza a través del método *min-max*, considerando que el objetivo es un mínimo.

#### 6.4.4 Caracterización sociocomunitaria

##### 6.4.4.1 Resiliencia individual y comunitaria.

Berkes y Ross (2013) consideran necesaria una orientación psicológica en el análisis de la resiliencia en zonas que han sido afectadas por desastres de origen natural. Las capacidades individuales y colectivas de los individuos determinarán destrezas para el aprendizaje, la adaptabilidad, la autoorganización y la transformación en los sistemas sociales afectados. Para Friborg et al. (2005), existen una serie de capacidades individuales que potencian en las personas su resiliencia y que deben ser identificadas y potencializadas, por lo que propone la RSA (*Resilience Scale for Adults*).

Para analizar este criterio, se utiliza la escala de resiliencia para adultos RSA (Friborg et al., 2005), que analiza las competencias personales que hacen a una persona resiliente. Se presenta un bloque de 10 preguntas que han sido aplicadas a través de la encuesta para analizar la resiliencia comunitaria, las cuales se detallan a continuación:

- a) Cuando algo imprevisto sucede:  
Siempre encuentro una solución \_\_\_\_ Frecuentemente me siento  
desconcertado
- b) Mis problemas personales  
Si sé cómo solucionarlos \_\_\_\_ No se pueden solucionar
- c) En mis habilidades:  
Confío fuertemente \_\_\_\_ Frecuentemente dudo
- d) De mis juicios y decisiones  
Confío completamente \_\_\_\_ Frecuentemente dudo
- e) En tiempos de dificultad yo tiendo a:  
Encontrar algo bueno para prosperar \_\_\_\_ Ver todo de forma pésima
- f) Los eventos de mi vida que no puedo influir:  
Me acostumbro a vivir con ellos \_\_\_\_ Son una fuente constante de



preocupación

- g) Mis planes para el futuro son:  
Posible de lograr \_\_\_\_ Dificiles de lograr
- h) Mis metas para el futuro:  
Sé cómo alcanzarlas \_\_\_\_ No sé cómo alcanzarlas
- i) Siento que mi futuro parece ser:  
Muy prometedor \_\_\_\_ Muy incierto
- j) Mis metas para el futuro son:  
Muy definidas \_\_\_\_ Totalmente inciertas

La normalización se realiza multiplicando las frecuencias de valoración de las categorías de la siguiente manera: valoración muy resiliente por 1, las de valoración resiliente por 0.75, las de indiferente por 0,5, las de poco resiliente por 0,25 y las de no es resiliente por 0. Los resultados son tratados utilizando el método *min-max*, donde el límite superior es el número total de frecuencias calificadas y el inferior es 0.

#### 6.4.4.2 Cohesión familiar

Al estudiar la resiliencia y las características que se encuentran inmersas dentro, Friborg et al. (2005) identifican un grupo de ellas como promotoras de la cohesión familiar, la cual facilitará procesos de autoorganización, adaptabilidad y transformación en la población afectada por evento perturbador.

Para analizar este criterio se utiliza la escala de resiliencia para adultos RSA, que analiza la cohesión familiar y presenta un bloque de seis preguntas que han sido aplicadas a través de la encuesta para analizar la resiliencia comunitaria. Se detallan a continuación:

- a) Lo que para mi familia es importante en la vida:  
Muy similar a lo que es para mi \_\_\_\_ Es muy diferente a lo que es para la mía.
- b) Yo me siento:  
Muy feliz con mi familia \_\_\_\_ Nada feliz con mi familia
- c) Mi familia se caracteriza por estar:  
Completamente conectada \_\_\_\_ Completamente desconectada
- d) En periodo de dificultades mi familia:  
Mantiene una visión positiva de futuro \_\_\_\_ Mantiene una visión negativa de futuro
- e) Frente a otras familias, mi familia es:  
Siempre solidaria \_\_\_\_ Nada solidaria
- f) En mi familia nos gusta  
Hacerlas cosas juntos \_\_\_\_ Hacer las cosas por nuestra cuenta

La normalización se realiza multiplicando las frecuencias de valoración de las categorías de la siguiente manera: las de valoración de muy resiliente se multiplican por 1, las de

valoración resiliente por 0.75, las de indiferente por 0.5, las de poco resiliente por 0.25 y las de no es resiliente por 0. Los resultados son tratados por el método *min-max*, donde el límite superior es el número total de frecuencias calificadas y el inferior es 0.

#### 6.4.4.3 Cohesión comunitaria.

La cohesión comunitaria influye positivamente en el aumento de la resiliencia de la población afectada por fenómeno natural (Carpenter, 2014). El grado de cohesión comunitaria es considerado por Ainuddin y Routray (2012) como relevante en el marco de la resiliencia comunitaria, ya que facilita la autoorganización y la adaptabilidad en la población. Para analizar este criterio se utiliza la escala de resiliencia para adultos RSA (Friborg et al., 2005), que analiza las competencias sociales que hacen a una persona resiliente. Se presenta un bloque de seis preguntas que han sido aplicadas a través de la encuesta para analizar la resiliencia comunitaria. Se detallan a continuación:

- a) Disfrutar es, estar:  
Junto con varias personas \_\_\_\_\_ Completamente solo
- b) Ser flexible en entornos sociales:  
Es realmente importante para mí \_\_\_\_\_ No es importante para mí
- c) Las nuevas amistades lo logro con:  
Mucha facilidad \_\_\_\_\_ con dificultad
- d) Conocer para mí es:  
Muy dificultoso \_\_\_\_\_ Algo en lo que soy bueno
- e) Cuando me encuentro con otros:  
Sonrío fácilmente \_\_\_\_\_ Rara vez sonrío
- f) Para mí, pensar en buenos temas de conversación me resulta:  
Fácil \_\_\_\_\_ Difícil

Para la normalización, las frecuencias de valoración muy resiliente se multiplican por 1, las de valoración resiliente por 0.75, las de indiferente por 0.5, las de poco resiliente por 0.25 y las de no es resiliente por 0. Los resultados son tratados por el método *min-max*, donde el límite superior es el número total de frecuencias calificadas y el inferior es 0.

#### 6.4.4.4 Asociatividad.

La resiliencia comunitaria está inmersa dentro de las relaciones sociales, en la interacción de los individuos; la conformación de asociaciones de personas fortalece su capacidad de autoorganización, aprendizaje, adaptabilidad y transformación, fortaleciendo así la resiliencia ante el impacto de eventos perturbadores (Buckle et al., 1997). Existe una relación directa entre el capital social y la capacidad de autoorganización de una comunidad, en sí la asociatividad promueve la resiliencia (Morrow, 2008). Dentro de las capacidades comunitarias que promueven la resiliencia, Kusumastuti et al. (2014) plantean la necesidad de abordar la participación de los ciudadanos en organizaciones sociales orientadas al desarrollo comunitario.

Este criterio se analiza en base a la encuesta de resiliencia comunitaria en la que se indaga sobre la participación de la población en agrupaciones ciudadanas. A manera explicativa se detallan los principales tipos de organizaciones. La pregunta es la siguiente: “Participa activamente en agrupaciones ciudadanas en la ciudad de Baños, marque con una X en la categoría que corresponda”. las opciones son: fundaciones, iglesia, comités barriales, comités de seguridad, asociaciones, clubes, otros, ninguno. Los valores serán normalizados por el método *min-max*, estableciendo un rango de respuesta entre 0 y 1.

#### 6.4.4.5 Solidaridad

Para Maldonado y Moreno (2014), la cooperación y la solidaridad son importantes para desarrollar la adaptabilidad, por lo que tendrían un incidencia directa en la resiliencia. Para analizar este criterio se utiliza la escala de resiliencia para adultos RSA, que analiza el apoyo social. Se presenta un bloque de siete preguntas que han sido aplicadas a través de la encuesta para analizar la resiliencia comunitaria y que se detallan a continuación:

- a) Puedo discutir asuntos personales con:  
Amigos y miembros familiares \_\_\_\_\_ Nadie
- b) Aquellos que son buenos para alentarme son:  
Amigos cercanos/miembros familiares \_\_\_\_\_ Nadie
- c) Los vínculos entre mis amigos son:  
Fuertes \_\_\_\_\_ Débiles
- d) Cuando un familiar experimenta una crisis/emergencia:  
Estoy informado de inmediato \_\_\_\_\_ Tardo bastante antes de informarme
- e) Tengo apoyo de:  
Amigos/miembros familiares \_\_\_\_\_ Nadie
- f) Cuando necesito ayuda:  
Siempre tengo alguien que me ayude \_\_\_\_\_ No tengo a nadie que me ayude
- g) Mis amigos y miembros de mi familia más cercanos:  
Aprecian mis cualidades \_\_\_\_\_ No aprecian mis cualidades

Para la normalización, se multiplican las frecuencias de valoración muy resiliente por 1, las de valoración resiliente por 0.75, las de indiferente por 0.5, las de poco resiliente por 0.25 y las de no es resiliente por 0. Los resultados son tratados por el método *min-max*, donde el límite superior es el número total de frecuencias calificadas y el inferior es 0.

#### 6.4.4.6 Liderazgo.

Indicadores relacionados con el liderazgo comunitario son citados y utilizados por Kusumastuti et al. (2014) y Ainuddin y Routray (2012). Este tipo de habilidades permite que los procesos de aprendizaje, autoorganización, adaptabilidad y transformación se materializasen en poblaciones que han sufrido el impacto de un desastre de origen natural.

Este criterio es evaluado utilizando la encuesta de resiliencia comunitaria en la que el liderazgo se traduce en el grado de confianza que tienen las personas en sus instituciones. La comunidad se considera como institución por lo que se valora el grado de confianza que esta presenta a las personas. Se presentan cuatro opciones en una escala de Likert, que van desde muy alto a muy bajo y una opción de no responde. Para la normalización, se multiplican las frecuencias de valoración muy alto por 1, las de valoración alto por 0.75, las de bajo por 0.25 y las de muy bajo por 0. Los resultados son tratados por el método *min-max*, donde el límite superior es el número total de frecuencias y el inferior es 0.

#### 6.4.4.7 Confianza institucional.

De acuerdo a la investigación de campo, la confianza institucional es un factor que permite el desarrollo de la resiliencia; particular consideración tienen la confianza en las instituciones públicas. En el análisis multidimensional de la resiliencia, se aborda a través de la encuesta de resiliencia comunitaria en la que se presenta la siguiente pregunta:

En el caso de desastres naturales, su nivel de confianza respecto a las siguientes instituciones es:

	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo	No responde
a) Iglesia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b) Gobierno cantonal (municipio)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c) Policía	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
d) Bomberos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
e) Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
f) Fuerzas Armadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
g) Comunidad	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Las opciones b, c, d, e y f son las que configuran la confianza en instituciones públicas y su calificación promedio es utilizada para el modelo de análisis. Para la normalización, se multiplica las frecuencias de valoración muy alto por 1, las de valoración alto por 0.75, las de bajo por 0.25 y las de muy bajo por 0. Los resultados son tratados por el método *min-max*, donde el límite superior es el número total de frecuencias calificadas y el inferior es 0.

#### 6.4.4.8 Responsabilidad social empresarial

McManus et al. (2007) consideran que existe una relación intrínseca entre la resiliencia organizacional y la mejora de la resiliencia comunitaria. La acción de las empresas y su incidencia como corresponsable del sistema socioeconómico donde operan permite mejorar los procesos de aprendizaje, autoorganización, adaptabilidad y transformación de la región, lo que se traduce en mayores niveles de resiliencia.

Este criterio es evaluado a través del cuestionario de resiliencia del sistema empresarial cuando se indaga sobre las características del empresario. Una de las opciones que se presenta es la capacidad de colaboración. El bloque de opciones es valorado a través de una escala de Likert de 4 opciones, de la siguiente manera:

¿Cómo evaluaría las siguientes características del empresario baneño?

	Muy alta	Alta	Baja	Muy baja
a) Capacidad de colaboración	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Para la normalización, se multiplica las frecuencias de valoración muy alto por 1, las de valoración alto por 0.75, las de bajo por 0.25 y las de muy bajo por 0. Los resultados son tratados por el método *min-max*, donde el límite superior es el número total de frecuencias calificadas y el inferior es 0.

#### 6.4.5 Caracterización institucional

##### 6.4.5.1 Prevención

La apropiación de los sistemas de prevención de riesgos es considerado por Kusumastuti et al. (2014) como un elemento fundamental en el desarrollo de la resiliencia frente a desastres de origen natural. La participación activa de la población en simulacros incrementa la capacidad de aprendizaje, autoorganización y adaptabilidad. Para analizar este criterio se considera la encuesta de resiliencia comunitaria en la que se plantea la pregunta: “¿Usted o su familia ha participado en simulacros de emergencia?” La respuesta es dicotómica, con las posibilidades de Sí o No. Los resultados se dan en forma porcentual y la normalización se realiza dividiendo el porcentaje de respuestas afirmativas para 100, por lo que el resultado estará dentro de un rango de 0 a 1.

##### 6.4.5.2 Mitigación de riesgos

Los planes de mitigación de riesgos son imprescindibles para establecer las contingencias frente a un desastre de origen natural. Su existencia incrementa de forma positiva la resiliencia de la población (Becken y Hughey, 2013; Burby et al., 2000; Cutter et al., 2010; Godschalk, 2003), dotando a la región de capacidad de aprendizaje, autoorganización y adaptabilidad. La existencia de un plan de riesgos es verificada a través de establecer contacto con las autoridades responsables del diseño de este. Sin embargo, para la evaluación dentro del modelo de análisis de la resiliencia se hace uso de la encuesta para estudio de la resiliencia comunitaria a través de una pregunta que plantea: “¿Conoce usted el plan de mitigación de riesgo de Baños?” La respuesta es dicotómica con las posibilidades de Sí o No. Los resultados se dan en forma porcentual y la normalización se realiza dividiendo el porcentaje de respuesta afirmativas para 100, por lo que el resultado estará dentro de un rango de 0 a 1.

##### 6.4.5.3 Planes de emergencia institucional

Este criterio es incorporado debido a que durante la investigación de campo varios expertos que han participado en procesos de prevención e intervención en desastres lo han determinado como relevante. Los planes de emergencia son responsabilidad de las empresas y

organizaciones y se orientan a precautelar la seguridad de sus trabajadores, clientes y usuarios. Los planes de emergencia facilitan el aprendizaje, la autoorganización y la adaptabilidad en las empresas, cuando estas enfrentan el impacto de un desastre. Para analizar este criterio se hace uso de la encuesta que estudia la resiliencia del sistema empresarial, en la que se plantea la siguiente pregunta: “¿su empresa cuenta con un plan de emergencia en caso de enfrentar desastres de origen natural?” La respuesta es dicotómica con las posibilidades de Sí o No. Los resultados se dan en forma porcentual y la normalización se realiza dividiendo el porcentaje de respuesta afirmativas para 100, por lo que el resultado estará dentro de un rango de 0 a 1 (normalizado).

#### 6.4.5.4 Conocimiento de planes de emergencia (empresa)

Este criterio es considerado debido a que durante la investigación de campo varios expertos que han participado en procesos de prevención e intervención en desastres lo han determinado como importante. El conocimiento por parte de las empresas y organizaciones de los planes de emergencias y mitigación de riesgos es importante porque permite alinear sus propios planes. Este proceso de conocimiento mejora las capacidades de aprendizaje, autoorganización y adaptabilidad de la población y las organizaciones que están inmersas en la región, antes, durante y después de un desastre de origen natural. Para analizar este criterio se hace uso de la encuesta que estudia la resiliencia del sistema empresarial, en la que se plantea la siguiente pregunta: “¿conoce usted el plan de mitigación de riesgos para Baños?” La respuesta es dicotómica con las posibilidades de Sí o No. Los resultados se dan en forma porcentual y la normalización se realiza dividiendo el porcentaje de respuesta afirmativas para 100, por lo que el resultado estará dentro de un rango de 0 a 1 (normalizado).

#### 6.4.5.5 Coordinación institucional

La adecuada coordinación de las instituciones relacionadas con la gestión de desastres permite poner en marcha programas de prevención que tienen una incidencia positiva en la resiliencia de las regiones. Resultado de ello, se generarán planes de mitigación con la participación activa de la población (Cutter et al., 2010). La gestión de riesgos de desastres de origen natural incorpora procesos de planeación, ejecución, dirección y control coordinado de instituciones tanto públicas como privadas. Esto permite incrementar la adaptabilidad de la población frente a un evento natural catastrófico (Bruneau et al., 2003; Godschalk, 2003; Kusumastuti et al., 2014). La necesidad de una adecuada coordinación entre los organismos responsables de la gestión de emergencias es imprescindible en los procesos de evacuación de poblaciones afectadas por desastres de origen natural. Chakraborty et al. (2005) plantean la necesidad de considerar la vulnerabilidad social y las condiciones geográficas en estos procesos de coordinación.

La evaluación de este criterio se realiza a través de varias entrevistas a las instituciones encargadas de la gestión de riesgos en la región, como: instituciones de la administración pública local, administración pública provincial, gobierno provincial y Secretaría de Gestión de Riesgos (regional y nacional); además de instituciones encargadas de las operaciones en caso de emergencias (policía, bomberos, fuerzas armadas, hospitales, etc.).



La normalización de este criterio considera la siguiente escala:

- Se evidencia una adecuada coordinación entre los organismos responsables de la atención a la población en el caso de emergencias. Se valora con 1.
- Existe coordinación entre los organismos responsables de la atención a la población en el caso de emergencias, sin embargo no todos los procesos están integrados. Se valora con 0.5.
- Hay evidencias de que los organismos responsables de la atención a la población en el caso de emergencias no tienen una adecuada coordinación en ciertos procesos que permiten cumplir los objetivos de los programas de mitigación de riesgos. Se valora con 0.25.
- Se evidencia desconocimiento de procesos y descoordinación en los organismos responsables de la atención a la población en el caso de emergencias. Se valora con 0.

#### 6.4.6 Caracterización infraestructura

##### 6.4.6.1 Servicios básicos

Para Argonne National Laboratory (2010), Bruneau et al. (2003), Cutter et al. (2008), Ranjan y Abenayake (2014), Rose y Liao (2005) y Kusumastuti et al. (2014), mantener la infraestructura crítica (servicios básicos y vialidad) funcional permite incrementar la resiliencia comunitaria frente al impacto de un desastre. La importancia de establecer infraestructura de redundancia en los servicios básicos se relaciona con la capacidad para dar respuesta inmediata a los efectos generados por desastre de origen natural, buscando siempre reducir los tiempos de restablecimiento de operaciones (Wang et al., 2012; Zobel y Khansa, 2014).

Para este criterio se establece un índice de cobertura de servicios básicos (ISB), compuesto por el porcentaje de la población que tienen conexión del agua por tubería dentro de la vivienda (CA), el porcentaje de la población que tiene acceso a la red eléctrica de servicio público (CE) y el porcentaje de la población que tiene su vivienda conectada a la red pública de alcantarillado (CD). Este criterio se puede sintetizar de la siguiente manera:

$$ISB = 0.33 * CA + 0.33 * CE + 0.33 * CD \quad (47)$$

El resultado se da en forma porcentual y la normalización se realiza dividiendo este valor para 100, por lo que el criterio estará dentro de un rango de 0 a 1. El desglose de los resultados parciales es descriptivo.

##### 6.4.6.2 Infraestructura del sistema de salud.

La capacidad de infraestructura del sistema de salud es relevante en el estudio de la resiliencia. Una adecuada infraestructura facilitará la autoorganización de la población y adaptabilidad en caso del impacto de un desastre de origen natural (Auf der Heide y Scanlo, 2007; Cutter et al., 2010; Kusumastuti et al., 2014; Zobel y Khansa, 2014).



Para valorar este criterio se considera el valor de camas hospitalarias establecido por la Organización Mundial de Salud, que recomienda entre 8 y 10 camas por cada 1000 habitantes. El país de la región (América Latina) con el mejor indicador es Cuba<sup>57</sup> con 5.1 camas por cada 1000 habitantes y el menor valor para la región es 0.7 en Guatemala<sup>58</sup>. La normalización por categorías es la siguiente:

- Sobre 8 camas por cada 1000 habitantes, 1 punto.
- Menos de 8 y más de 5.1 por cada 1000 habitantes, 0.5 puntos.
- Menos de 5.1 y más de 0.7 por cada 1000 habitantes, 0.25 puntos.
- Menos de 0.7 camas por cada 1000 habitantes, 0 puntos.

#### 6.4.6.3 Monitoreo de desastres.

El adecuado monitoreo de los sistemas ecológicos permite generar información relevante para la población, incrementando los niveles de confianza que facilitan procesos de aprendizaje y autoorganización (Cinner y Fuentes, 2009; Colten et al., 2008). La gestión de riesgos no puede estar aislada de una infraestructura de monitoreo que permita a la población conocer la naturaleza y comportamiento de los sistemas ecológicos que, dentro de su dinámica, presentan eventos sorpresivos que pueden alterar los sistemas socioeconómicos de su región. La comprensión del riesgo está ligada directamente con la existencia de los sistemas de monitoreo y la confianza que la población tiene en estos (Kusumastuti et al., 2014).

La evaluación de este criterio se realiza a través de entrevistas a diversas instituciones encargadas de la gestión de riesgos en la región, como: instituciones de la administración pública local (Gobierno Autónomo Descentralizado-cantonal), administración pública regional (Gobierno Provincial y Secretaría de Gestión de Riesgos-regional) y nacional (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, Instituto Geofísico de la Politécnica Nacional), e instituciones encargadas de las operaciones en el caso de emergencias (policía, bomberos, fuerzas armadas, hospitales, etc.). De igual manera, se consideran las opiniones de pobladores y líderes zonales.

La normalización de este criterio considera las siguientes categorías:

- Se evidencia un adecuado sistema de monitoreo de desastres de origen natural. Se valora con 1.
- Se evidencia un sistema de monitoreo de desastres de origen natural, sin embargo no todos las instituciones confían en su efectividad predictiva. Se valora con 0.5.
- A pesar de que existe un sistema de monitoreo de desastres de origen natural este es considerado poco confiable. Se valora con 0.25.

<sup>57</sup> Dato al 2014 obtenido de <http://www.indexmundi.com>.

<sup>58</sup> Dato al 2014 obtenido de <http://www.indexmundi.com>.

- No existe un sistema de monitoreo de desastres de origen natural o el existente es considerado no confiable. Se valora con 0.

#### 6.4.6.4 Cobertura móvil

Los sistemas de comunicación son un elemento importante en los procesos de autoorganización. Una infraestructura de comunicación adecuada permite incrementar la resiliencia de la población (Norris et al., 2008). Los sistemas de comunicación son importantes en las zonas afectadas por desastres. La infraestructura que genera redundancia en las comunicaciones, especialmente móviles, permite atender los requerimientos de emergencia que se generan durante e inmediatamente después de una catástrofe natural, facilitando la autoorganización de población (Colten et al., 2008).

Para analizar este criterio se hace uso de datos censales, respondiendo a la pregunta sobre la disponibilidad de teléfono celular. La respuesta es dicotómica con las posibilidades de Sí o No. Los resultados se dan en forma porcentual y la normalización se realiza dividiendo el porcentaje de respuesta afirmativas para 100, por lo que el criterio se valora dentro de un rango de 0 a 1.

#### 6.4.6.5 Existencia de vías de evacuación.

Las líneas de vida que corresponden a vías de comunicación de la población permiten procesos de evacuación y abastecimiento en caso de desastres de origen natural, la capacidad de éstas y su redundancia (vías alternas) son importantes en los procesos de adaptabilidad de la población luego de una catástrofe natural (National Research Council, 2006). Miles y Chang (2006) y Rose y Liao (2005) plantean que una de las prioridades luego de un desastre de origen natural, es el restablecimiento inmediato de la líneas de vida, éste es el primer requisito para promover la adaptabilidad y auto-organización de la población en zonas de desastre, estas infraestructuras permiten la recuperación del sistema económico a más de cumplir con las funciones de abastecimiento y/o evacuación si son necesarias.

El análisis de este criterio considera una valoración de las vías de comunicación de la región, las mismas que deben cumplir con dos objetivos fundamentales: evacuación y abastecimiento, una de las características que se considera es el riesgo que tienen éstas frente a ser interrumpidas por el efecto de desastres de origen natural. La valoración y normalización es categórica y responde a:

- Existen más de dos vías de comunicación que estén localizadas fuera de áreas de riesgo frente a desastres de origen natural. Se valora con 1 punto.
- Existen por lo menos dos vías de comunicación donde al menos una de ellas esté localizada fuera de áreas de riesgo frente a desastres de origen natural. Se valora con 0.50.
- Existen por lo menos dos vías de comunicación, aunque están localizadas dentro de zonas de riesgo frente a desastres de origen natural o existe por lo menos una

vía de comunicación, la misma que no está localizada en zona de riesgos frente a desastres de origen natural. Se valora con 0.25.

- Existe una única vía de comunicación localizada en zonas de riesgo frente a desastres de origen natural. Se valora con 0.

#### 6.4.6.6 Planificación urbana.

Las edificaciones que no se ajustan a normas de construcción ponen en riesgo la vida de la población, además de sus sistemas productivo y económico. Poblaciones con altos porcentajes de construcción en zonas de riesgo, sin permisos y sin observar normativas técnicas hacen menos resiliente a un región (National Research Council, 2006).

Este criterio se valora en base a la información entregada por la institución encargada de la planificación territorial de la región (en la mayoría de los casos los municipios), la cual tiene el registro del porcentaje de viviendas sin permisos de construcción. Los resultados se dan en forma porcentual y la normalización se realiza dividiendo el porcentaje de respuestas afirmativas para 100, por lo que el criterio se valora dentro de un rango de 0 a 1. Se considera la fórmula de *min-max*, donde el objetivo es un máximo.

### 6.4.7 Caracterización ecológica

#### 6.4.7.1 Riesgo de amenaza natural

Es importante establecer los niveles de riesgo frente a desastres de origen natural, ya que esto permite una adecuada planificación en la gestión de riesgos, incrementando en la población su capacidad de aprendizaje, autoorganización, adaptabilidad y transformación frente a las consecuencias de un fenómeno natural abrupto (*The Heinz Center*, 2002). Cox (2012) considera importante analizar la incertidumbre y la aleatoriedad que presenta un desastre de origen natural, porque permite incrementar la capacidad de aprendizaje y previsión de una región. D'Ercole y Trujillo(2003) plantean un estudio de riesgos y vulnerabilidades frente a eventos naturales en el Ecuador, permitiendo establecer zonas de mayor o menor probabilidad de ocurrencia por tipo de desastre de origen natural. Este conocimiento incrementa la capacidad de aprendizaje de la población.

Para el análisis de este criterio, se considera el grado de amenaza de desastre de origen natural global propuesto por D'Ercole y Trujillo (2003). Este análisis considera el grado de amenaza sísmica, el grado de amenaza de tsunami, el grado de amenaza volcánica, el grado de amenaza de inundaciones, el grado de amenaza de sequía y su correspondiente valor global. Los resultados se normalizan mediante el método *min-max*, considerando los límites superior de 16 e inferior de 0.

#### 6.4.7.2 Biodiversidad ecológica

Para Cutter et al. (2008), la biodiversidad tiene una incidencia positiva en la resiliencia de una región frente a desastres de origen natural, pues facilita los procesos de adaptación y transformación que son parte de un sistema resiliente. Para Angeon y Bates (2015), el potencial de la biodiversidad (reserva de biodiversidad), entre otros, es un indicativo del potencial de la resiliencia del medio ambiente; consideran que esto se

puede lograr a través de la conservación de los recursos de capital natural. La resiliencia ecológica está relacionada directamente con la biodiversidad; la redundancia funcional de las especies permite los procesos de adaptación de los sistemas ecológicos (Peterson et al., 1998; Walker, 1992).

El indicador de beneficios del FMAM para la biodiversidad es un índice compuesto que considera el potencial de biodiversidad de cada país según las especies que este tenga, su situación respecto al peligro de extinción y la diversidad de hábitats que posee (Dev-Pandey et al., 2006). Es utilizado para hacer una valoración de la biodiversidad por países; sin embargo, uno de los problemas que presenta es que el tamaño del territorio es determinante e influye en su resultado, por lo que no es práctico para aplicar en el análisis de territorios pequeños donde la información que lo compone es difícil de obtener. Por esta razón en este trabajo el indicador utilizado es el porcentaje de territorio continental bajo conservación y manejo ambiental versus área total del territorio analizado (Ministerio del Ambiente, 2014). Este indicador es definido como:

Porcentaje de hectáreas del territorio continental que se encuentran bajo conservación o manejo ambiental. Esta superficie corresponde a aquellas áreas de relevancia ecológica, escénica, social, cultural e histórica, establecidas en el país de acuerdo a la ley, con el objeto de impedir su destrucción y procurar la conservación y el manejo ambiental sustentable de los recursos naturales y sus funciones eco sistémicas (SENPLADES, 2015).

Los valores de normalización consideran el valor promedio mínimo registrado para el país en los últimos 10 años y la meta país. En el caso de Ecuador, el valor mínimo registrado es en el año 2008 y corresponde a 25.9% (SENPLADES, 2016) y la meta al 2017 es de 35.9%. Las categorías para la normalización se construyen de la siguiente manera:

- Porcentaje superior a la meta nacional de 35.9% se valora con 1 punto.
- Porcentajes menores a 35.9% y mayores a 25.9% se valoran con 0.5 puntos.
- Porcentuales menores a 25.9% se valoran con 0 puntos.

#### **6.4.8 Caracterización experiencial**

##### **6.4.8.1 Percepción sobre capacitación en desastres.**

Kusumastuti et al. (2014) consideran que dentro de las capacidades comunitarias que promueven la resiliencia frente a los desastres de origen natural están los programas de educación y capacitación que tratan estos temas. Los niveles de comprensión y apropiamiento son fundamentales en el desarrollo de las capacidades de aprendizaje, autoorganización, adaptabilidad y transformación que requiere la población frente al *shock* que genera un evento natural. Este criterio es evaluado utilizando la encuesta de resiliencia comunitaria, en la que se plantea la pregunta “¿Cuál considera usted que es el grado de preparación que tiene su familia frente a un desastre de origen natural?” Se presentan cuatro opciones en una escala de Likert que van desde “muy alto” a “muy bajo”. Para la normalización, se multiplican las frecuencias de valoración “muy alto” por 1, las de valoración “alto” por 0.75, las de “bajo” por 0.25 y las de “muy bajo” por 0. Los resultados son tratados por el método *min-max*, donde el límite superior es el número total de frecuencias y el inferior es 0.

#### 6.4.8.2 Percepción de riesgo

Una percepción clara y objetiva del nivel de riesgo influencia positivamente en la resiliencia de la población (Ainuddin y Routray, 2012). Estudios relacionados con la percepción del riesgo sugieren que su evaluación es necesaria para establecer las estrategias comunicacionales que permitan mejorar la capacidad de aprendizaje, adaptabilidad, autoorganización de la población afectada por desastre de origen natural (Tobin et al., 2011). Este criterio es evaluado utilizando la encuesta de resiliencia comunitaria en la que se plantea la pregunta “¿Cuál considera usted que es el grado de afectación del volcán Tungurahua a la actividad económica de su ciudad?” Se presentan cuatro opciones en una escala de Likert que van desde “muy alto” a “muy bajo”. La normalización de este criterio es por categorías y obedece a una correspondencia cualitativa con el grado de amenaza global, considerando los siguientes parámetros:

- Si el grado de amenaza global corresponde a la percepción de riesgo se asignará el valor de 1.
- Si el grado de amenaza global es menor al grado de percepción del riesgo se asignará el valor de 0.5.
- Si el grado de amenaza global es mayor al grado de percepción del riesgo se asignará el valor de 0.

#### 6.4.8.3 Seguridad frente a desastres

De acuerdo a los expertos entrevistados y habitantes de la ciudad de Baños, la población tiene altas posibilidades de desarrollar su capacidad de aprendizaje y adaptabilidad frente a desastres de origen natural (SFD) cuando tiene la seguridad de que se encuentra preparada para hacerles frente. La percepción de seguridad se considera en este trabajo como el porcentaje de las familias que cuentan con un plan de emergencia (PE), el porcentaje de familias que conocen el plan de mitigación de riesgos de la localidad (PM) y el porcentaje de las familias que considera que tienen un alto o muy alto nivel de preparación para afrontar un desastre de origen natural (NP). Los resultados son tratados con la siguiente fórmula:

$$SFD = 0.33 * PE + 0.33 * PM + 0.33 * NP \quad (48)$$

La normalización de SFD, a través del método *min-max*, tiene como límite superior 100 e inferior 0.

#### 6.4.8.4 Percepción de experiencia en desastres

A través de entrevista a expertos se determinó que la experiencia previa de la población en desastres de origen natural genera altos niveles de aprendizaje, facilita la autoorganización y la adaptabilidad en eventos futuros y facilita la transformalidad si el evento catastrófico así lo exigiera. Para analizar este criterio se utiliza la encuesta de resiliencia comunitaria, a través de la pregunta “¿Qué tan importante considera la experiencia previa al momento de desarrollar su capacidad para hacer frente a desastres?”



Se presentan cuatro opciones en una escala de Likert que va desde “muy alta” a “muy baja”.

Para la normalización se multiplica las frecuencias de valoración de muy importante por 1, las de valoración importante por 0.75, las de poco importante por 0.25 y las de nada importante por 0. Los resultados son tratados por el método *min-max*, donde el límite superior es el número total de frecuencias calificadas y el inferior es 0.

#### 6.4.8.5 Identificación con el sistema de gestión de riesgos

Los sistemas de gestión de riesgos deben orientarse hacia la comprensión de la población sobre la naturaleza del desastre, su prevención y mitigación (Kusumastuti et al., 2014). Los niveles de identificación que tenga la población sobre estos son relevantes en el desarrollo de las capacidades de aprendizaje, autoorganización, adaptabilidad y transformación.

El análisis de este criterio se realiza a través de la encuesta de resiliencia comunitaria con la pregunta “¿Qué tan orgulloso está usted de Baños de su sistema de su sistema de gestión de riesgos respecto del volcán Tungurahua?” Se presentan cuatro opciones de respuesta en una escala de Likert, que va desde “muy alta” a “muy baja” y una opción de “no puedo seleccionar”. La normalización de este criterio es por categorías multiplicándose el valor de 1 a la percepción de “muy alta”, 0.5 a “alta”, 0.25 a “baja” y 0 a “muy baja” y no “puedo seleccionar”. Luego se procede con el método *min-max*, considerado el límite superior al total de frecuencias evaluadas y el inferior 0.

#### 6.4.8.6 Expectativas económicas

Para Buckle et al. (2000), las aspiraciones y metas, así como una visión positiva de futuro que permita asumir el desastre de forma tangible como una posibilidad de mejora, es uno de los elementos de base para la resiliencia. La actitud positiva ha sido identificada fundamentalmente por los emprendedores de la ciudad de Baños de Agua Santa como una de las razones que ha permitido que la ciudad sea resiliente; se ha fortalecido su capacidad de aprendizaje, autoorganización, adaptabilidad y transformación.

El análisis de este criterio se realiza a través de la encuesta sobre la resiliencia en el sistema empresarial con la pregunta “Respecto a la situación económica de su negocio/empresa luego del inicio de la actividad volcánica del Tungurahua, considera que esta...” y se presentan cuatro opciones de respuesta en escala de Likert, que van desde “mejoró mucho” a “empeoró mucho”. La normalización de este criterio es por categorías, multiplicándose el valor de 1 a la percepción de “mejoró mucho”, 0.5 a “mejoró poco”, 0.25 a “empeoró poco” y 0 a “empeoró mucho”. Luego se procede con el método *min-max*, donde el objetivo es el valor máximo, considerado el límite superior al total de frecuencias evaluadas y el inferior 0.

#### 6.4.8.7 Afectación a la salud

Para Tobin et al. (2011), las afectaciones en la salud son uno de los aspectos más importantes para considerar en los procesos de recuperación en zonas afectadas por desastres. Desarrollan un amplio estudio de los efectos en la salud que la erupción del volcán Tungurahua generó en poblaciones cercanas a este, entre ellas Baños de Agua Santa. Las



afectaciones en la salud, luego de transcurrido cierto tiempo, se vuelven evidentes y son críticas en el proceso de recuperación.

El análisis de este criterio se realiza a través de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria, con la pregunta “Califique el grado de afectación que tuvo a la salud de su familia el volcán Tungurahua”, y se presentan cuatro opciones en escala de Likert, que van desde “muy alto” a “muy bajo”. La normalización de este criterio es por categorías, multiplicándose el valor de 1 a la percepción “muy alto”, 0.75 a “alto”, 0.25 a “bajo” y 0 a “muy bajo”. Luego se procede con el método *min-max*, donde el objetivo es el valor mínimo, considerado el límite superior al total de frecuencias evaluadas y el inferior 0.

## 6.5 PONDERACIÓN FUZZY AHP

El modelo de análisis de la resiliencia hace uso del análisis jerárquico multicriterio difuso en dos etapas. La primera pondera las ocho dimensiones (económicoregional, económico-empresarial, sociorregional, sociocomunitaria, institucional, infraestructura, ecológica y experiencial) y se relacionará con la segunda etapa, en la que la ponderación será por cada uno de los criterios en cada dimensión.

El modelo de análisis de la resiliencia utiliza el proceso de análisis jerárquico multicriterio planteado por Saaty (1990) bajo el enfoque de AHP difuso con el uso de números triangulares para la escala de comparación de valores y análisis de vector sintético planteado por Chang D.-Y. (1996). El requerimiento de análisis de consistencia en matrices con valores difusos considera la necesidad de realizar procesos de *defuzzificación* como el presentado por Chang & Yang (2011). La metodología se puede resumir en el siguiente diagrama:

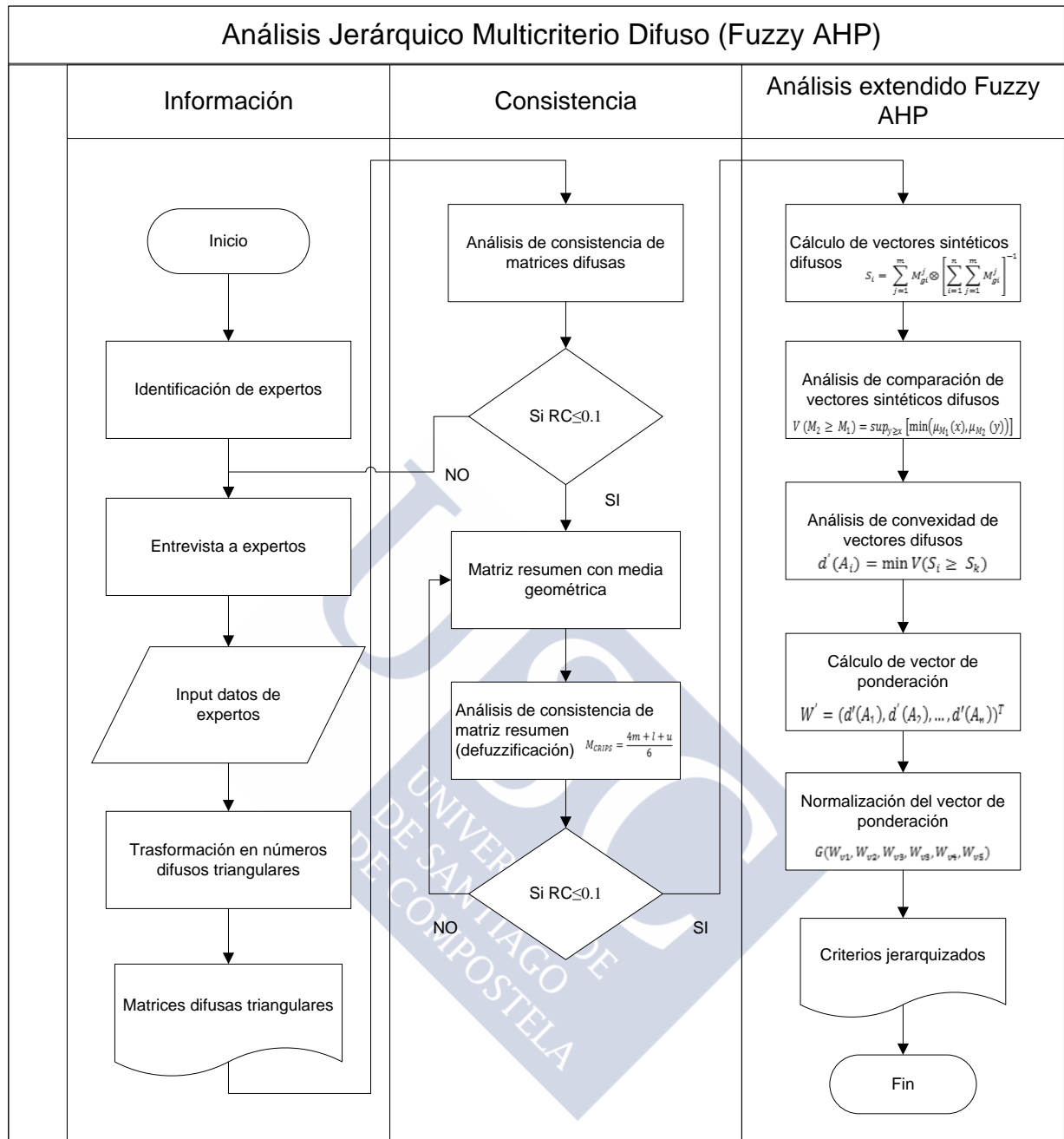
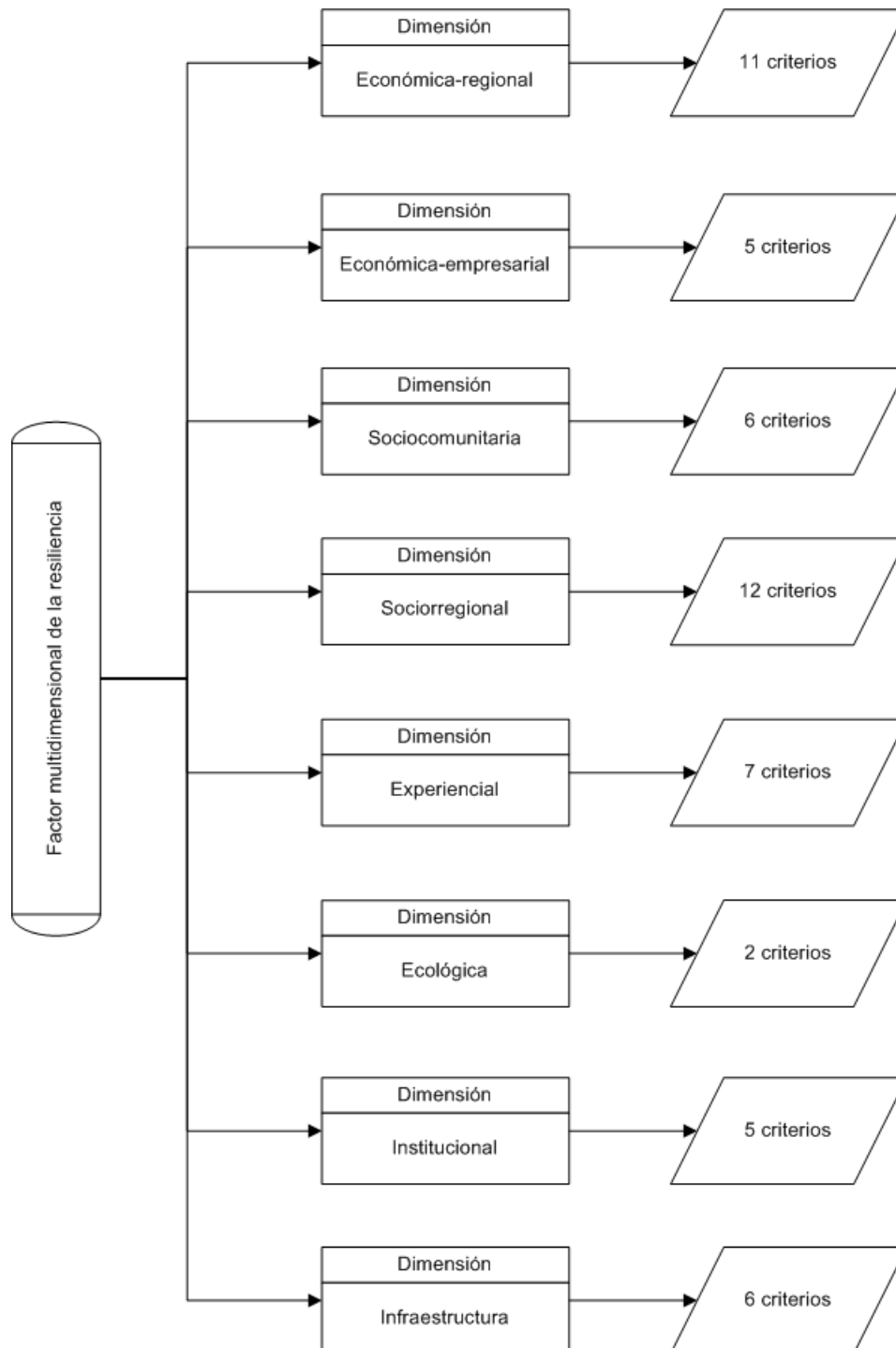


Figura 6.1 Proceso para el análisis jerárquico multicriterio difuso (Fuzzy AHP)

Fuente: Elaborado a partir de Chang D.-Y. (1996)

Considerando que para cada caso existen varios expertos que valoran los criterios, los resultados finales son tratados con medias geométricas (Chang & Yang, 2011) y, luego de un proceso de *defuzzificación* para el análisis de consistencia se continúa con el proceso de jerarquización indicado.

La estructura del modelo considerando las ocho dimensiones se presenta a continuación:



Gráfica 6.2 Estructura de las dimensiones en el modelo de análisis multidimensional de la resiliencia  
Fuente: Elaborado a partir del análisis multicriterio difuso

### 6.5.1 Estructura dimensional ponderada

Las ocho dimensiones identificadas en el estudio de la resiliencia tienen diferentes niveles de relevancia. Cada dimensión tiene un peso relativo, el cual es determinado por el nivel de importancia que le dan los expertos. Dentro de este contexto, el análisis jerárquico multicriterio difuso se convierte en una metodología de análisis y evaluación que da como resultado una estructura dimensional ponderada cuya robustez es verificada

a través de la razón de consistencia de matrices de decisión (Tabla 6.20). En consecuencia se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 6.20 *Resumen de consistencia de matrices de estructura dimensional*

Ord.	Nombre del experto	Criterios de evaluación	CI	RI	Observación
1	Experto I	8	0.059	0.042	Matriz consistente
2	Experto II	8	0.055	0.039	Matriz consistente
3	Experto III	8	0.072	0.051	Matriz consistente
4	Experto IV	8	0.060	0.043	Matriz consistente
5	Experto V	8	0.085	0.060	Matriz consistente

Fuente: Elaborado a partir de las matrices multicriterio individuales

Haciendo uso de la media geométrica, los datos de las matrices son tratados, obteniéndose una matriz síntesis con la cual se desarrolla el proceso de ponderación y jerarquización.



Tabla 6.21 *Datos obtenidos de expertos en análisis dimensional (media geométrica)*

	Ecológico			Económico-empresarial			Económico-regional			Experiencial			Infraestructura			Institucional			Sociocomunitario			Sociorregional		
<b>Ecológico</b>	0.50	1.00	1.50	0.69	0.97	1.29	0.66	0.98	1.50	0.54	0.76	1.02	0.47	0.62	0.92	0.50	0.63	0.82	0.55	0.80	1.15	0.53	0.70	0.98
<b>Económico-empresarial</b>	0.78	1.03	1.44	0.50	1.00	1.50	0.61	0.85	1.32	0.51	0.80	1.25	0.41	0.51	0.70	0.56	0.82	1.22	0.54	0.80	1.32	0.63	0.83	1.11
<b>Económico-regional</b>	0.67	1.02	1.52	0.76	1.18	1.64	0.50	1.00	1.50	0.42	0.58	0.80	0.44	0.56	0.78	0.63	0.82	1.08	0.59	0.76	0.98	0.56	0.75	1.00
<b>Experiencial</b>	0.98	1.32	1.84	0.80	1.25	1.97	1.25	1.72	2.37	0.50	1.00	1.50	0.72	1.02	1.40	1.06	1.43	1.84	0.72	1.06	1.50	0.72	1.06	1.50
<b>Infraestructura</b>	1.08	1.62	2.14	1.43	1.95	2.46	1.28	1.78	2.29	0.72	0.98	1.38	0.50	1.00	1.50	0.77	1.08	1.68	0.68	1.00	1.38	0.58	0.87	1.32
<b>Institucional</b>	1.22	1.58	1.99	0.82	1.22	1.80	0.92	1.22	1.60	0.54	0.70	0.94	0.60	0.92	1.30	0.50	1.00	1.50	0.67	0.94	1.40	0.71	1.02	1.61
<b>Sociocomunitario</b>	0.87	1.25	1.82	0.76	1.25	1.86	1.02	1.32	1.71	0.67	0.94	1.40	0.72	1.00	1.46	0.72	1.06	1.50	0.50	1.00	1.50	0.61	1.00	1.55
<b>Sociorregional</b>	1.02	1.43	1.90	0.90	1.20	1.58	1.00	1.33	1.78	0.67	0.94	1.40	0.76	0.98	1.72	0.62	0.98	1.41	0.64	1.00	1.64	0.50	1.00	1.50

Fuente: Elaborado a partir de las matrices multicriterio individuales

La matriz normalizada considerando  $D_{CRIPS} = \frac{4m+l+u}{6}$  de los valores correspondientes a las medias geométricas de los expertos, es la siguiente:

Tabla 6.22 Datos normalizados de expertos en análisis dimensional de la resiliencia

	Ecológico	Económico- empresarial	Económico- regional	Experiencial	Infraestructura	Institucional	Socio comunitario	Sociorregional	Suma	Vector Prior.
<b>Ecológico</b>	1.000	0.975	1.010	0.766	0.642	0.641	0.818	0.716	6.569	<b>0.097</b>
<b>Económico – empresarial</b>	1.059	1.000	0.888	0.827	0.526	0.843	0.844	0.845	6.834	<b>0.101</b>
<b>Económico – regional</b>	1.047	1.184	1.000	0.592	0.578	0.833	0.766	0.761	6.760	<b>0.100</b>
<b>Experiencial</b>	1.349	1.293	1.749	1.000	1.036	1.437	1.075	1.075	10.014	<b>0.149</b>
<b>Infraestructura</b>	1.619	1.948	1.782	1.000	1.000	1.131	1.011	0.897	10.388	<b>0.154</b>
<b>Institucional</b>	1.592	1.248	1.232	0.714	0.931	1.000	0.974	1.068	8.757	<b>0.130</b>
<b>Socio – comunitario</b>	1.279	1.267	1.335	0.974	1.031	1.075	1.000	1.027	8.988	<b>0.133</b>
<b>Socio - regional</b>	1.442	1.215	1.351	0.974	1.064	0.990	1.048	1.000	9.084	<b>0.135</b>
	<b>10.387</b>	<b>10.131</b>	<b>10.347</b>	<b>6.847</b>	<b>6.809</b>	<b>7.950</b>	<b>7.535</b>	<b>7.389</b>	<b>67.394</b>	

Fuente: Elaborado a partir de las matrices multicriterio individuales

Donde  $\lambda_{max} = 8.178$

$CI = 0.0255$

$RC = \frac{CI}{RI} = 0.018$

Como  $0.018 \leq 0.1$  la matriz es consistente



El método de análisis extendido de Saaty y los principios de comparación de los números difusos se emplean para obtener estimaciones de los vectores de peso para los niveles individuales de una jerarquía (Chang D.-Y. , 1996). Sobre la base de los valores difusos de la Tabla 6.22, aplicando el método de extensión, se obtienen valores sintéticos difusos, así:

$$\sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^8 D_{gi}^j = (0.50, 1.00, 1.50) + (0.69, 0.97, 1.29) + \dots + (0.50 + 1.00 + 1.50)$$

$$\sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^8 D_{gi}^j = (40.44, 58.97, 83.70)$$

$$\left[ \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^8 D_{gi}^j \right]^{-1} = (0.012, 0.017, 0.025)$$

$$\sum_{j=1}^8 D_{gi}^j = (0.50, 1.00, 1.50) + (0.69, 0.97, 1.29) + \dots + 0.53, 0.70, 0.98)$$

$$\sum_{j=1}^8 D_{gi}^j = (3.92, 5.75, 8.20)$$

$$D1 = \sum_{j=1}^8 D_{gi}^j * \left[ \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^8 D_{gi}^j \right]^{-1} = (0.05, 0.10, 0.20)$$

Similar procedimiento se sigue con los demás criterios, obteniéndose los siguientes valores:

Tabla 6.23 *Vectores difusos sintéticos de expertos en dimensiones de la resiliencia*

Dimensión	l	m	n
<b>D1</b>	0.05	0.10	0.20
<b>D2</b>	0.05	0.10	0.22
<b>D3</b>	0.05	0.10	0.21
<b>D4</b>	0.07	0.15	0.31
<b>D5</b>	0.08	0.16	0.32
<b>D6</b>	0.06	0.13	0.26
<b>D7</b>	0.06	0.13	0.28
<b>D8</b>	0.07	0.13	0.28

A continuación se calculan, en base de comparación, los vectores de ponderación del nivel de valor de la jerarquía, considerando el grado de posibilidad de que  $D_2 \geq D_1$ , que se define como:

$$D(D_2 \geq D_1) = \sup_{y \geq x} [\min(\mu_{D_1}(x), \mu_{D_2}(y))]$$

Donde esto es un par (x, y) de modo que  $y \geq x$  y  $\mu_{D_1}(x) = \mu_{D_2}(y)$  y  $D(D_2 \geq D_1) = 1$ . Mientras  $D_1 = (l_1, m_1, u_1)$  y  $D_2 = (l_2, m_2, u_2)$  números difusos convexos, entonces:

$$D(D_2 \geq D_1) = \text{hgt}(D_1 \cap D_2) = \mu_{D_2}(d) = f(x)$$

$$= \begin{cases} 1, & \text{Sí } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{Sí } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{otro} \end{cases}$$

Se tiene:

D(D1>D2) 0.992	D(D2>D1) 1.000	D(D3>D1) 1.000
D(D1>D3) 0.982	D(D2>D3) 0.990	D(D3>D2) 1.000
D(D1>D4) 0.717	D(D2>D4) 0.741	D(D3>D4) 0.732
D(D1>D5) 0.669	D(D2>D5) 0.695	D(D3>D5) 0.684
D(D1>D6) 0.818	D(D2>D6) 0.837	D(D3>D6) 0.835
D(D1>D7) 0.800	D(D2>D7) 0.820	D(D3>D7) 0.816
D(D1>D8) 0.791	D(D2>D8) 0.812	D(D3>D8) 0.808
D(D4>D1) 1.000	D(D5>D1) 1.000	D(D6>D1) 1.000
D(D4>D2) 1.000	D(D5>D2) 1.000	D(D6>D2) 1.000
D(D4>D3) 1.000	D(D5>D3) 1.000	D(D6>D3) 1.000
D(D4>D5) 0.956	D(D5>D4) 1.000	D(D6>D4) 0.901
D(D4>D6) 1.000	D(D5>D6) 1.000	D(D6>D5) 0.855
D(D4>D7) 1.000	D(D5>D7) 1.000	D(D6>D7) 1.000
D(D4>D8) 1.000	D(D5>D8) 1.000	D(D6>D8) 0.976
D(D7>D1) 1.000	D(D8>D1) 1.000	
D(D7>D2) 1.000	D(D8>D2) 1.000	
D(D7>D3) 1.000	D(D8>D3) 1.000	
D(D7>D4) 0.925	D(D8>D4) 0.930	
D(D7>D5) 0.881	D(D8>D5) 0.886	
D(D7>D6) 1.000	D(D8>D6) 1.000	
D(D7>D8) 0.996	D(D8>D7) 1.000	

El grado de posibilidad de que un número difuso convexo sea mayor que  $k$  números convexos se define como:  $D(D \geq D_1, D_2, \dots, k) = D[(D \geq D_1) \text{ y } (D \geq D_2) \text{ y } \dots \text{ y } (D \geq D_k)] = \min D(D \geq D_i) = 1, 2, 3, \dots, k$

Entonces, suponiendo que:

$$d'(A_i) = \min D(S_i \geq S_k)$$

Para  $k = 1, 2, 3, \dots, n; k \neq i$ .

El peso del vector es:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T$$

$$d(D_1) = \min\{0.99, 0.98, 0.71, 0.66, 0.81, 0.80, 0.79\} = 0.66$$

$$d(D_2) = \min\{1.00, 0.99, 0.74, 0.69, 0.83, 0.82, 0.81\} = 0.74$$

$$d(D_3) = \min\{1.00, 1.00, 0.73, 0.68, 0.83, 0.81, 0.80\} = 0.68$$

$$d(D_4) = \min\{1.00, 1.00, 1.00, 0.95, 1.00, 1.00, 1.00\} = 0.95$$

$$d(D_5) = \min\{1.00, 1.00, 1.00, 1.00, 1.00, 1.00, 1.00\} = 1.00$$

$$d(D_6) = \min\{1.00, 1.00, 1.00, 0.90, 0.85, 1.00, 0.97\} = 0.85$$

$$d(D_7) = \min\{1.00, 1.00, 1.00, 0.92, 0.88, 1.00, 0.99\} = 0.88$$

$$d(D_8) = \min\{1.00, 1.00, 1.00, 0.930, 0.886, 1.00, 1.00\} = 0.88$$

Donde:

$$W' = (d(D_1), d(D_2), d(D_3), d(D_4), d(D_5), d(D_6), d(D_7), d(D_8))^T$$

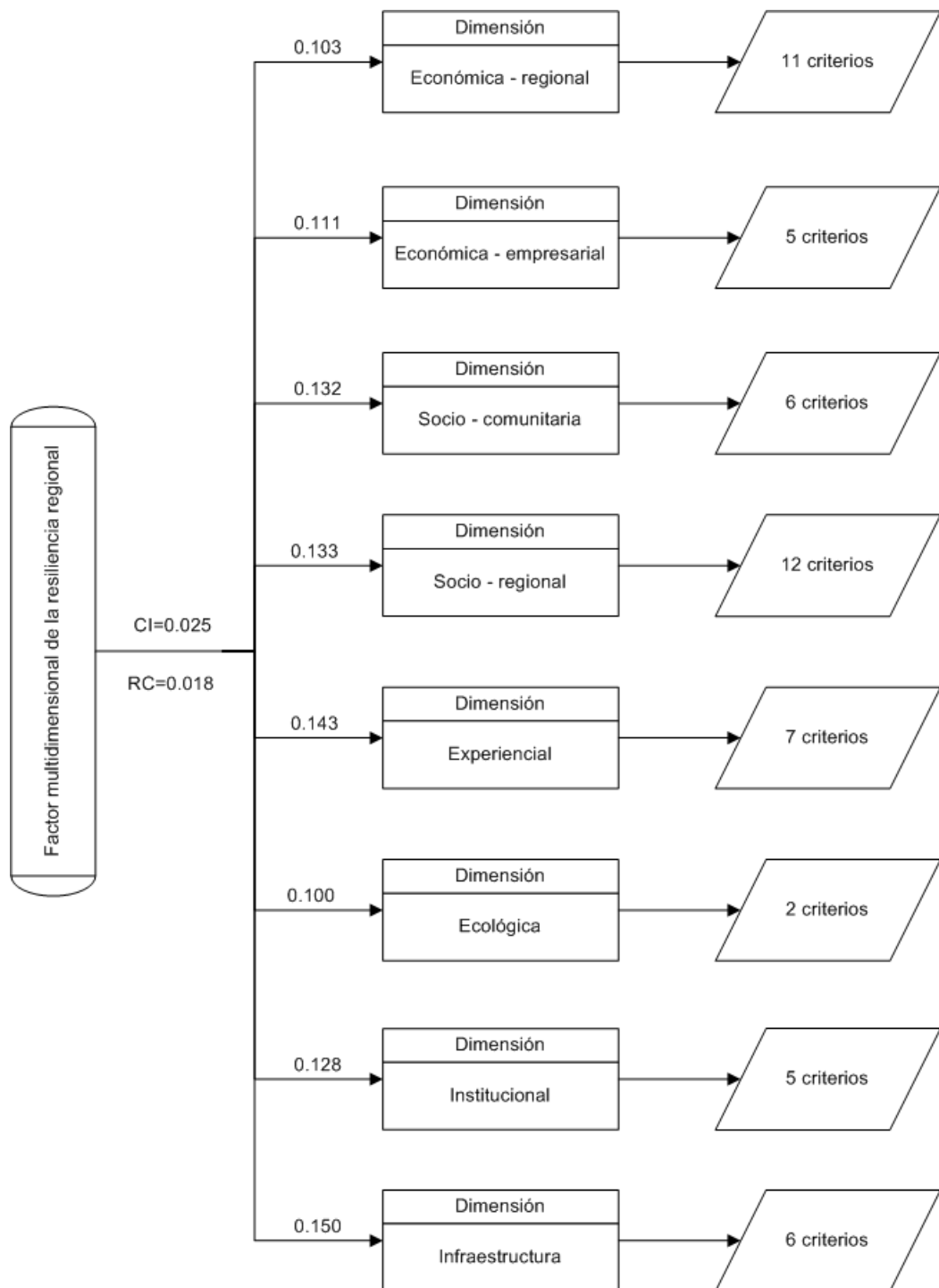
$$W' = (0.66, 0.74, 0.68, 0.95, 1.00, 0.85, 0.88, 0.88)$$

Normalizando, el vector de pesos queda:

$$G(W_{D1}, W_{D2}, W_{D3}, W_{D4}, W_{D5}, W_{D6}, W_{D7}, W_{D8},)$$

$$= (0.100, 0.111, 0.103, 0.143, 0.150, 0.128, 0.132, 0.133)$$

La estructura del índice multidimensional de resiliencia en base a la ponderación de las ocho dimensiones propuesta es la siguiente:



Gráfica 6.3 Estructura ponderada de las dimensiones en el modelo de análisis multidimensional de la resiliencia

Fuente: Elaborado a partir del análisis multicriterio difuso

### 6.5.2 Dimensión económico-regional

El análisis jerárquico multicriterio difuso para la dimensión económico-regional considera once criterios y cuatro expertos. Sus respuestas son tratadas a través de matrices

difusas y su robustez es verificada a través de la razón de consistencia. En resumen, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 6.24 *Resumen de consistencia de matrices de expertos en la dimensión económica regional*

Ord.	Nombre del experto	Criterios de evaluación	CI	RI	Observación
1	Experto I	11	0.098	0.066	Matriz consistente
2	Experto II	11	0.100	0.066	Matriz consistente
3	Experto III	11	0.118	0.078	Matriz consistente
4	Experto IV	11	0.076	0.050	Matriz consistente

Fuente: Elaborado a partir de las matrices multicriterio individuales

Haciendo uso de la media geométrica, los datos de las matrices son tratados, obteniéndose una matriz síntesis con la cual se desarrolla el proceso de ponderación y jerarquización.



Tabla 6.25 *Datos obtenidos de expertos en análisis de la dimensión económico-regional (media geométrica)*

	Pobreza			Equidad de ingreso			Empleo por sectores			Empleo			Diversidad económica			Empleo femenino			Dependencia económica			Asequibilidad regional			Propiedad de la vivienda			Abast.			Vulnerabilidad económica		
<b>Pobreza</b>	0.50	1.00	1.50	0.88	1.22	1.61	2.08	2.59	3.10	0.56	0.93	1.32	0.53	0.67	0.86	0.62	0.82	1.14	0.49	0.60	0.76	1.46	1.97	2.47	1.32	1.70	2.18	1.16	1.50	1.88	0.56	0.72	0.96
<b>Equidad de ingreso</b>	0.62	0.82	1.14	0.50	1.00	1.50	1.32	1.83	2.34	0.40	0.50	0.67	0.71	0.93	1.32	0.56	0.71	0.93	1.11	1.61	2.11	1.36	1.86	2.36	1.00	1.50	2.00	0.59	0.82	1.19	0.47	0.76	1.11
<b>Empleo por sectores</b>	0.32	0.39	0.48	0.43	0.55	0.76	0.50	1.00	1.50	0.66	0.88	1.26	0.45	0.64	0.90	0.39	0.53	0.71	0.50	0.90	1.36	0.50	1.00	1.50	0.50	0.67	1.00	0.47	0.84	1.22	0.84	1.22	1.68
<b>Empleo</b>	0.76	1.07	1.78	1.50	2.00	2.50	0.80	1.14	1.52	0.50	1.00	1.50	0.71	0.93	1.32	1.11	1.61	2.11	1.50	2.00	2.50	1.50	2.00	2.50	0.59	1.11	1.61	0.84	1.22	1.68	1.14	1.68	2.20
<b>Diversidad económica</b>	1.16	1.50	1.88	0.76	1.08	1.41	1.11	1.57	2.24	0.76	1.08	1.41	0.50	1.00	1.50	0.93	1.32	1.78	1.14	1.52	1.99	0.84	1.22	1.68	0.80	1.14	1.52	0.80	1.14	1.52	1.14	1.52	1.99
<b>Empleo femenino</b>	0.88	1.22	1.61	1.08	1.41	1.80	1.41	1.88	2.59	0.47	0.62	0.90	0.56	0.76	1.07	0.50	1.00	1.50	0.50	1.00	1.50	1.00	1.50	2.00	0.50	0.90	1.36	0.80	1.14	1.52	1.14	1.52	1.99
<b>Dependencia económica</b>	1.32	1.65	2.05	0.47	0.62	0.90	0.74	1.11	2.00	0.40	0.50	0.67	0.50	0.66	0.88	0.67	1.00	2.00	0.50	1.00	1.50	0.47	0.84	1.22	0.47	0.62	0.90	0.40	0.50	0.67	0.93	1.32	1.78
<b>Asequibilidad regional</b>	0.40	0.51	0.69	0.42	0.54	0.74	0.67	1.00	2.00	0.40	0.50	0.67	0.59	0.67	1.19	0.50	0.67	1.00	0.82	1.19	2.11	0.50	1.00	1.50	0.50	0.67	1.00	0.42	0.54	0.74	0.84	1.36	1.86
<b>Propiedad de la vivienda</b>	0.46	0.59	0.76	0.50	0.67	1.00	1.00	1.50	2.00	0.62	0.90	1.68	0.66	0.88	1.26	0.74	1.11	2.00	1.11	1.61	2.11	1.00	1.50	2.00	0.50	1.00	1.50	1.00	1.50	2.00	1.36	1.86	2.36
<b>Abastecimiento</b>	0.53	0.67	0.86	0.84	1.22	1.68	0.82	1.19	2.11	0.59	0.82	1.19	0.66	0.88	1.26	0.66	0.88	1.26	1.50	2.00	2.50	1.36	1.86	2.36	0.50	0.67	1.00	0.50	1.00	1.50	1.11	1.61	2.11
<b>Vulnerabilidad económica</b>	1.05	1.39	1.78	0.90	1.32	2.11	0.59	0.82	1.19	0.45	0.59	0.88	0.50	0.66	0.88	0.50	0.66	0.88	0.56	0.76	1.07	0.54	0.74	1.19	0.42	0.54	0.74	0.47	0.62	0.90	0.50	1.00	1.50

Fuente: Elaborado a partir de las matrices multicriterio individuales

La matriz normalizada considerando  $Ca_{CRIPS} = \frac{4m+l+u}{6}$  de los valores correspondientes a las medias geométricas de los expertos es la siguiente:

Tabla 6.26 Datos normalizados de expertos en análisis de la dimensión económico-regional (media geométrica)

	Pobreza	Equidad de ingreso	Empleo por sectores	Empleo	Diversidad económica	Empleo femenino	Dependencia económica	Asequibilidad regional	Propiedad de la vivienda	Abast.	Vulner. económica	Suma	Vect. Prior.
<b>Pobreza</b>	1.000	1.231	2.589	0.933	0.678	0.837	0.611	1.967	1.715	1.503	0.732	13.798	<b>0.104</b>
<b>Equidad de ingreso</b>	0.837	1.000	1.830	0.511	0.956	0.719	1.611	1.861	1.500	0.842	0.770	12.437	<b>0.094</b>
<b>Empleo por sectores</b>	0.391	0.562	1.000	0.904	0.651	0.537	0.912	1.000	0.694	0.844	1.237	8.732	<b>0.066</b>
<b>Empleo</b>	1.139	2.000	1.146	1.000	0.956	1.611	2.000	2.000	1.106	1.237	1.678	15.873	<b>0.119</b>
<b>Diversidad económica</b>	1.503	1.081	1.601	1.081	1.000	1.329	1.534	1.237	1.146	1.146	1.534	14.192	<b>0.107</b>
<b>Empleo femenino</b>	1.231	1.422	1.921	0.643	0.779	1.000	1.000	1.500	0.912	1.146	1.534	13.088	<b>0.098</b>
<b>Dependencia económica</b>	1.663	0.643	1.194	0.511	0.669	1.111	1.000	0.844	0.643	0.511	1.329	10.118	<b>0.076</b>
<b>Asequibilidad regional</b>	0.521	0.552	1.111	0.511	0.742	0.694	1.281	1.000	0.694	0.552	1.354	9.012	<b>0.068</b>
<b>Propiedad de la vivienda</b>	0.596	0.694	1.500	0.986	0.904	1.194	1.611	1.500	1.000	1.500	1.861	13.347	<b>0.100</b>
<b>Abastecimiento</b>	0.678	1.237	1.281	0.842	0.904	0.904	2.000	1.861	0.694	1.000	1.611	13.013	<b>0.098</b>
<b>Vulnerabilidad económica</b>	1.399	1.380	0.842	0.618	0.669	0.669	0.779	0.780	0.552	0.643	1.000	9.330	<b>0.070</b>
	<b>10.959</b>	<b>11.802</b>	<b>16.015</b>	<b>8.541</b>	<b>8.908</b>	<b>10.606</b>	<b>14.341</b>	<b>15.549</b>	<b>10.656</b>	<b>10.923</b>	<b>14.641</b>	<b>132.939</b>	

Fuente: Elaborado a partir de las matrices multicriterio individuales

Donde  $\Lambda_{max} = 11.620$

$CI = 0.0620$

$RC = \frac{CI}{RI} = 0.042$

Como  $0.042 \leq 0.1$  la matriz es consistente



El método de análisis extendido de Saaty y los principios de comparación de los números difusos se emplean para obtener estimaciones de los vectores de peso para los niveles individuales de una jerarquía (Chang D.-Y. , 1996). Sobre la base de los valores difusos de la *Tabla 6.26* aplicando el método de extensión se obtienen valores sintéticos difusos, así:

$$\sum_{i=1}^{11} \sum_{j=1}^{11} Ca_{gi}^j = (0.50, 1.00, 1.50) + (0.88, 1.22, 1.61) + \dots + (0.50 + 1.00 + 1.50)$$

$$\sum_{i=1}^{11} \sum_{j=1}^{11} Ca_{gi}^j = (129.56, 272.05, 618.64)$$

$$\left[ \sum_{i=1}^{11} \sum_{j=1}^{11} Ca_{gi}^j \right]^{-1} = (0.002, 0.004, 0.008)$$

$$\sum_{j=1}^{11} Ca_{gi}^j = (0.50, 1.00, 1.50) + (0.88, 1.22, 1.61) + \dots + (0.56, 0.72, 0.96)$$

$$\sum_{j=1}^{11} Ca_{gi}^j = (14.87, 29.29, 57.27)$$

$$Ca1 = \sum_{j=1}^{11} Ca_{gi}^j * \left[ \sum_{i=1}^{11} \sum_{j=1}^{11} Ca_{gi}^j \right]^{-1} = (0.024, 0.108, 0.442)$$

Similar procedimiento con los demás criterios, obteniéndose los siguientes valores:

*Tabla 6.27* Vectores difusos sintéticos de expertos en la dimensión económico-regional

<b>Criterios</b>	<b>l</b>	<b>m</b>	<b>u</b>
<b>Ca1</b>	0.024	0.108	0.442
<b>Ca2</b>	0.022	0.115	0.530
<b>Ca3</b>	0.009	0.038	0.163
<b>Ca4</b>	0.036	0.200	0.921
<b>Ca5</b>	0.021	0.091	0.406
<b>Ca6</b>	0.016	0.074	0.339
<b>Ca7</b>	0.012	0.045	0.292
<b>Ca8</b>	0.011	0.043	0.305
<b>Ca9</b>	0.019	0.097	0.546
<b>Ca10</b>	0.029	0.152	0.700
<b>Ca11</b>	0.011	0.036	0.132

A continuación se calculan, en base de comparación, los vectores de ponderación del nivel de valor de la jerarquía, considerando el grado de posibilidad de que  $Ca_2 \geq Ca$  que se define como:

$$Ca(Ca_2 \geq Ca_1) = \sup_{y \geq x} [\min(\mu_{Ca_1}(x), \mu_{Ca_2}(y))]$$

Donde esto es un par  $(x, y)$ , de modo que  $y \geq x$  y  $\mu_{Ca_1}(x) = \mu_{Ca_2}(y)$  y  $Ca(Ca_2 \geq Ca_1) = 1$ . Mientras  $Ca_1 = (l_1, m_1, u_1)$  y  $Ca_2 = (l_2, m_2, u_2)$  números difusos convexos, entonces:

$$Ca(Ca_2 \geq Ca_1) = hgt(Ca_1 \cap Ca_2) = \mu_{Ca_2}(d) = f(x)$$

$$= \begin{cases} 1, & \text{Sí } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{Sí } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{otro} \end{cases}$$

Se tiene:

Ca(Ca1>Ca2)	0.982	Ca(Ca2>Ca1)	1.000	Ca(Ca3>Ca1)	0.666
Ca(Ca1>Ca3)	1.000	Ca(Ca2>Ca3)	1.000	Ca(Ca3>Ca2)	0.646
Ca(Ca1>Ca4)	0.814	Ca(Ca2>Ca4)	0.853	Ca(Ca3>Ca4)	0.437
Ca(Ca1>Ca5)	1.000	Ca(Ca2>Ca5)	1.000	Ca(Ca3>Ca5)	0.730
Ca(Ca1>Ca6)	1.000	Ca(Ca2>Ca6)	1.000	Ca(Ca3>Ca6)	0.805
Ca(Ca1>Ca7)	1.000	Ca(Ca2>Ca7)	1.000	Ca(Ca3>Ca7)	1.000
Ca(Ca1>Ca8)	1.000	Ca(Ca2>Ca8)	1.000	Ca(Ca3>Ca8)	0.966
Ca(Ca1>Ca9)	1.000	Ca(Ca2>Ca9)	0.931	Ca(Ca3>Ca9)	0.709
Ca(Ca1>Ca10)	0.903	Ca(Ca2>Ca10)	0.931	Ca(Ca3>Ca10)	0.540
Ca(Ca1>Ca11)	1.000	Ca(Ca2>Ca11)	1.000	Ca(Ca3>Ca11)	1.000
Ca(Ca4>Ca1)	1.000	Ca(Ca5>Ca1)	0.957	Ca(Ca6>Ca1)	0.902
Ca(Ca4>Ca2)	1.000	Ca(Ca5>Ca2)	0.940	Ca(Ca6>Ca2)	0.884
Ca(Ca4>Ca3)	1.000	Ca(Ca5>Ca3)	1.000	Ca(Ca6>Ca3)	1.000
Ca(Ca4>Ca5)	1.000	Ca(Ca5>Ca4)	0.771	Ca(Ca6>Ca4)	0.705
Ca(Ca4>Ca6)	1.000	Ca(Ca5>Ca6)	1.000	Ca(Ca6>Ca5)	0.949
Ca(Ca4>Ca7)	1.000	Ca(Ca5>Ca7)	1.000	Ca(Ca6>Ca7)	1.000
Ca(Ca4>Ca8)	1.000	Ca(Ca5>Ca8)	1.000	Ca(Ca6>Ca8)	1.000
Ca(Ca4>Ca9)	1.000	Ca(Ca5>Ca9)	0.983	Ca(Ca6>Ca9)	0.932
Ca(Ca4>Ca10)	1.000	Ca(Ca5>Ca10)	0.860	Ca(Ca6>Ca10)	0.798
Ca(Ca4>Ca11)	1.000	Ca(Ca5>Ca11)	1.000	Ca(Ca6>Ca11)	1.000
Ca(Ca7>Ca1)	0.811	Ca(Ca8>Ca1)	0.814	Ca(Ca9>Ca1)	0.980
Ca(Ca7>Ca2)	0.795	Ca(Ca8>Ca2)	0.798	Ca(Ca9>Ca2)	0.967
Ca(Ca7>Ca3)	1.000	Ca(Ca8>Ca3)	1.000	Ca(Ca9>Ca3)	1.000
Ca(Ca7>Ca4)	0.623	Ca(Ca8>Ca4)	0.631	Ca(Ca9>Ca4)	0.831

Ca(Ca7>Ca5)	1.000	Ca(Ca8>Ca5)	0.858	Ca(Ca9>Ca5)	1.000
Ca(Ca7>Ca6)	0.907	Ca(Ca8>Ca6)	0.906	Ca(Ca9>Ca6)	1.000
Ca(Ca7>Ca8)	1.000	Ca(Ca8>Ca7)	0.994	Ca(Ca9>Ca7)	1.000
Ca(Ca7>Ca9)	0.841	Ca(Ca8>Ca9)	0.842	Ca(Ca9>Ca8)	1.000
Ca(Ca7>Ca10)	0.712	Ca(Ca8>Ca10)	0.718	Ca(Ca9>Ca10)	0.904
Ca(Ca7>Ca11)	1.000	Ca(Ca8>Ca11)	1.000	Ca(Ca9>Ca11)	1.000
Ca(Ca10>Ca1)	1.000	Ca(Ca11>Ca1)	0.601		
Ca(Ca10>Ca2)	1.000	Ca(Ca11>Ca2)	0.582		
Ca(Ca10>Ca3)	1.000	Ca(Ca11>Ca3)	0.986		
Ca(Ca10>Ca4)	0.932	Ca(Ca11>Ca4)	0.367		
Ca(Ca10>Ca5)	1.000	Ca(Ca11>Ca5)	0.671		
Ca(Ca10>Ca6)	1.000	Ca(Ca11>Ca6)	0.756		
Ca(Ca10>Ca7)	1.000	Ca(Ca11>Ca7)	0.931		
Ca(Ca10>Ca8)	1.000	Ca(Ca11>Ca8)	0.945		
Ca(Ca10>Ca9)	1.000	Ca(Ca11>Ca9)	0.650		
Ca(Ca10>Ca11)	1.000	Ca(Ca11>Ca10)	0.471		

El grado de posibilidad de que un número difuso convexo sea mayor que  $k$  números convexos se define como:  $Ca(Ca \geq Ca_1, Ca_2, \dots, k) = Ca[(Ca \geq Ca_1) \text{ y } (Ca \geq Ca_2) \text{ y } \dots \text{ y } (Ca \geq Ca_k)] = \min Ca(Ca \geq Ca_i) = 1, 2, 3, \dots, k$

Entonces, suponiendo que:

$$d'(A_i) = \min Ca(S_i \geq S_k)$$

Para  $k = 1, 2, 3, \dots, n; k \neq i$ .

El peso del vector es:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T$$

$$d(Ca_1) = \min\{0.982, 1.000, 0.814, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 0.903, 1.000\} = 0.814$$

$$d(Ca_2) = \min\{1.000, 1.000, 0.853, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 0.931, 0.931, 1.000\} = 0.853$$

$$d(Ca_3) = \min\{0.666, 0.646, 0.437, 0.730, 0.805, 1.000, 0.966, 0.709, 0.540, 1.000\} = 0.473$$

$$d(Ca_4) = \min\{1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000\} = 1.000$$

$$d(Ca_5) = \min\{0.957, 0.940, 1.000, 0.771, 1.000, 1.000, 1.000, 0.983, 0.860, 1.000\} = 0.771$$

$$d(Ca_6) = \min\{0.902, 0.884, 1.000, 0.705, 0.949, 1.000, 1.000, 0.932, 0.798, 1.000\} = 0.705$$

$$d(Ca_7) = \min\{0.811, 0.795, 1.000, 0.623, 1.000, 0.907, 1.000, 0.841, 0.712, 1.000\} = 0.623$$

$$d(Ca_8) = \min\{0.814, 0.798, 1.000, 0.631, 0.858, 0.906, 0.994, 0.842, 0.718, 1.000\} = 0.631$$

$$d(Ca_9) = \min\{0.980, 0.967, 1.000, 0.831, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 0.904, 1.000\} = 0.831$$

$$d(Ca_{10}) = \min\{1.000, 1.000, 1.000, 0.932, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000\} = 0.932$$

$$d(Ca_{11}) = \min\{0.601, 0.582, 0.986, 0.367, 0.671, 0.756, 0.931, 0.945, 0.650, 0.471\} = 0.367$$

Donde:

$$W' = (d(Ca_1), d(Ca_2), d(Ca_3), d(Ca_4), d(Ca_5), d(Ca_6), d(Ca_7), d(Ca_8), d(Ca_9), d(Ca_{10}), d(Ca_{11}))^T$$

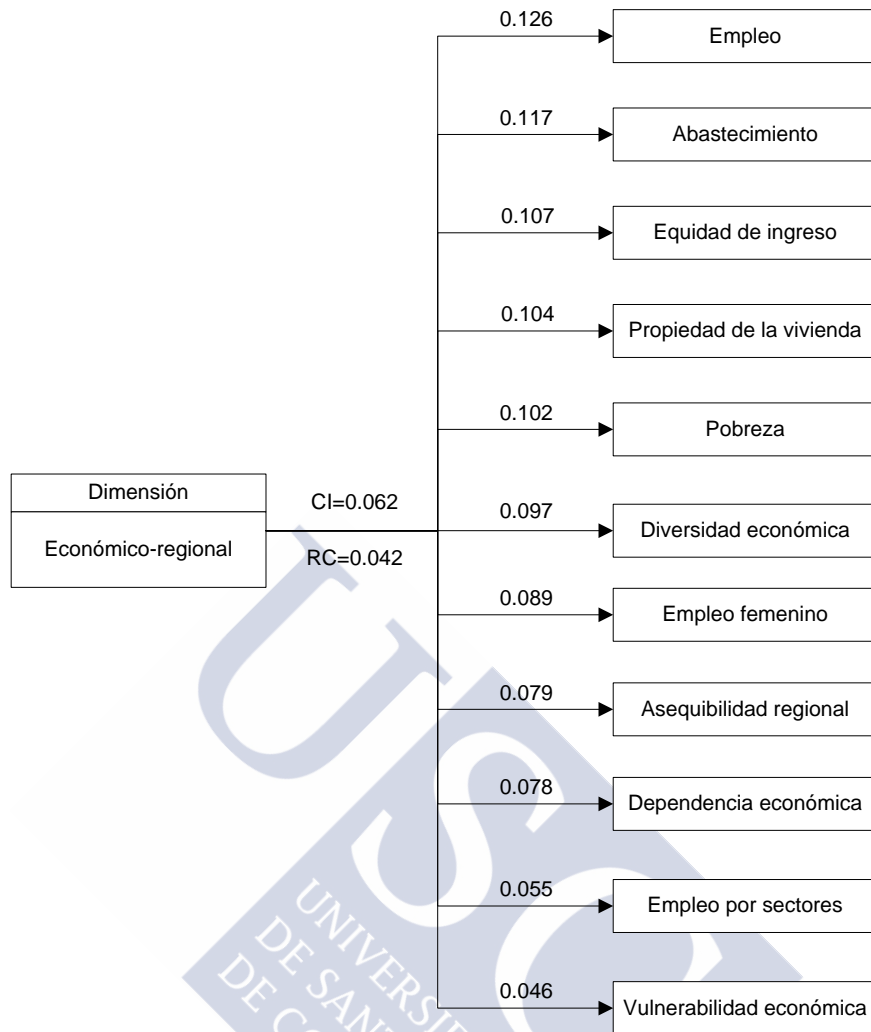
$$W' = (0.814, 0.853, 0.437, 1.000, 0.771, 0.705, 0.623, 0.631, 0.831, 0.932, 0.367)$$

Normalizando, el vector de pesos queda:

$$G(W_{Ca1}, W_{Ca2}, W_{Ca3}, W_{Ca4}, W_{Ca5}, W_{Ca6}, W_{Ca7}, W_{Ca8}, W_{Ca9}, W_{Ca10}, W_{Ca11})$$

$$= (0.102, 0.107, 0.055, 0.126, 0.097, 0.089, 0.078, 0.079, 0.104, 0.117, 0.046)$$

Es decir, la jerarquización ponderada de los juicios para evaluar los criterios relacionados con la resiliencia es la siguiente:



Gráfica 6.4 Estructura ponderada de la dimensión económica regional  
Fuente: Elaborado a partir del análisis multicriterio difuso

### 6.5.3 Dimensión económico-empresarial

El análisis jerárquico multicriterio difuso para la dimensión económico-empresarial considera cinco criterios y cuatro expertos. Sus respuestas son tratadas a través de matrices difusas y su robustez es verificada a través de la razón de consistencia. En resumen, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 6.28 Resumen de consistencia de matrices de expertos en la dimensión económico-empresarial

Ord.	Nombre del experto	Criterios de evaluación	CI	RI	Observación
1	Experto I	5	0.111	0.099	Matriz consistente
2	Experto II	5	0.076	0.068	Matriz consistente
3	Experto III	5	0.040	0.036	Matriz consistente
4	Experto IV	5	0.050	0.044	Matriz consistente

Fuente: Elaborado a partir de las matrices multicriterio individuales

Haciendo uso de la media geométrica, los datos de las matrices son tratados, obteniéndose una matriz síntesis con la cual se desarrolla el proceso de ponderación y jerarquización.

Tabla 6.29 Datos obtenidos de expertos en análisis de la dimensión económico-empresarial (media geométrica)

	Visión empresarial			Emprendimiento			Ambiente empresarial			Comportamiento empresa / desastre			Actividad empresarial femenina		
<b>Visión empresarial</b>	0.500	1.000	1.500	0.595	0.904	1.316	0.423	0.595	0.816	1.612	2.115	2.617	1.000	1.540	2.060
<b>Emprendimiento</b>	0.760	1.107	1.682	0.500	1.000	1.500	0.382	0.473	0.620	1.682	2.200	2.711	0.783	1.075	1.495
<b>Ambiente empresarial</b>	1.225	1.682	2.364	1.612	2.115	2.617	0.500	1.000	1.500	2.200	2.711	3.218	0.783	1.316	1.831
<b>Comportamiento empresa / desastre</b>	0.382	0.473	0.620	0.369	0.454	0.595	0.311	0.369	0.454	0.500	1.000	1.500	0.321	0.382	0.473
<b>Actividad empresarial femenina</b>	0.485	0.649	1.000	0.669	0.931	1.278	0.546	0.760	1.278	2.115	2.617	3.118	0.500	1.000	1.500

Fuente: Elaborado a partir de las matrices multicriterio individuales

La matriz normalizada considerando  $Ca_{CRIPS} = \frac{4m+l+u}{6}$  de los valores correspondientes a las medias geométricas de los expertos, es la siguiente:

Tabla 6.30 Datos normalizados de expertos en análisis de la dimensión económico-empresarial

	Visión empresarial	Emprendimiento	Ambiente empresarial	Comportamiento empresa/desastre	Actividad empresarial femenina	Suma	Vector Prior.
<b>Visión empresarial</b>	1.000	0.921	0.603	2.115	1.537	6.175	<b>0.208</b>
<b>Emprendimiento</b>	1.145	1.000	0.482	2.199	1.096	5.922	<b>0.199</b>
<b>Ambiente empresarial</b>	1.719	2.115	1.000	2.710	1.313	8.857	<b>0.298</b>
<b>Comportamiento empresa / desastre</b>	0.482	0.464	0.373	1.000	0.387	2.706	<b>0.091</b>
<b>Actividad empresarial femenina</b>	0.680	0.945	0.811	2.616	1.000	6.052	<b>0.204</b>
	<b>5.027</b>	<b>5.444</b>	<b>3.269</b>	<b>10.640</b>	<b>5.333</b>	<b>29.713</b>	

Fuente: Elaborado a partir de las matrices multicriterio individuales

Donde  $\lambda_{max} = 5.160$

$CI = 0.0399$

$RC = \frac{CI}{RI} = 0.036$

Como  $0.036 \leq 0.1$  la matriz es consistente

El método de análisis extendido de Saaty y los principios de comparación de los números difusos se emplean para obtener estimaciones de los vectores de peso para los niveles individuales de una jerarquía (Chang D.-Y. , 1996). Sobre la base de los valores

difusos de la *Tabla 6.30* aplicando el método de extensión se obtienen valores sintéticos difusos, así:

$$\sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 Cb_{gi}^j = (0.500, 1.000, 1.500) + (0.595, 0.904, 1.316) + \dots \\ + (0.500 + 1.000 + 1.500)$$

$$\sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 Cb_{gi}^j = (20.75, 29.47, 39.66)$$

$$\left[ \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 Cb_{gi}^j \right]^{-1} = (0.025, 0.034, 0.048)$$

$$\sum_{j=1}^5 Cb_{gi}^j = (0.50, 1.00, 1.50) + (0.88, 1.22, 1.61) + (2.08, 2.59, 3.10) + (0.56, 0.93, 1.32) \\ + (0.53, 0.67, 0.86)$$

$$\sum_{j=1}^5 Cb_{gi}^j = (4.129, 6.153, 8.309)$$

$$Cb1 = \sum_{j=1}^5 Cb_{gi}^j * \left[ \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 Cb_{gi}^j \right]^{-1} = (0.104, 0.209, 0.400)$$

Similar procedimiento con los demás criterios, obteniéndose los siguientes valores:

Tabla 6.31 Vectores difusos sintéticos de expertos en la dimensión económico-empresarial

Criterios	l	m	u
<b>Cb1</b>	0.104	0.209	0.400
<b>Cb2</b>	0.104	0.199	0.386
<b>Cb3</b>	0.159	0.299	0.556
<b>Cb4</b>	0.047	0.091	0.176
<b>Cb5</b>	0.109	0.202	0.394

A continuación se calculan, en base de comparación, los vectores de ponderación del nivel de valor de la jerarquía, considerando el grado de posibilidad de que  $Cb_2 \geq Cb$  que se define como:

$$Cb(Cb_2 \geq Cb_1) = \sup_{y \geq x} [\min(\mu_{Cb_1}(x), \mu_{Cb_2}(y))]$$



Donde esto es un par  $(x, y)$ , de modo que  $y \geq x$  y  $\mu_{Cb_1}(x) = \mu_{Cb_2}(y)$  y  $Cb(Cb_2 \geq Cb_1) = 1$ . Mientras  $Cb_1 = (l_1, m_1, u_1)$  y  $Cb_2 = (l_2, m_2, u_2)$  números difusos convexos, entonces:

$$Cb(Cb_2 \geq Cb_1) = hgt(Cb_1 \cap Cb_2) = \mu_{Cb_2}(d) = f(x)$$

$$= \begin{cases} 1, & \text{Sí } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{Sí } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{otro} \end{cases}$$

Se tiene:

$Cb(Cb_1 > Cb_2)$ 1.000	$Cb(Cb_2 > Cb_1)$ 0.965	$Cb(Cb_3 > Cb_1)$ 1.000
$Cb(Cb_1 > Cb_3)$ 0.727	$Cb(Cb_2 > Cb_3)$ 0.692	$Cb(Cb_3 > Cb_2)$ 1.000
$Cb(Cb_1 > Cb_4)$ 1.000	$Cb(Cb_2 > Cb_4)$ 1.000	$Cb(Cb_3 > Cb_4)$ 1.000
$Cb(Cb_1 > Cb_5)$ 1.000	$Cb(Cb_2 > Cb_5)$ 0.988	$Cb(Cb_3 > Cb_5)$ 1.000
$Cb(Cb_4 > Cb_1)$ 0.377	$Cb(Cb_5 > Cb_1)$ 0.977	
$Cb(Cb_4 > Cb_2)$ 0.400	$Cb(Cb_5 > Cb_2)$ 1.000	
$Cb(Cb_4 > Cb_3)$ 0.072	$Cb(Cb_5 > Cb_3)$ 0.707	
$Cb(Cb_4 > Cb_5)$ 0.375	$Cb(Cb_5 > Cb_4)$ 1.000	

El grado de posibilidad de que un número difuso convexo sea mayor que  $k$  números convexos se define como:  $Cb(Cb \geq Cb_1, Cb_2, \dots, k) = Cb[(Cb \geq Cb_1) \text{ y } (Cb \geq Cb_2) \text{ y } \dots \text{ y } (Cb \geq Cb_k)] = \min Cb(Cb \geq Cb_i) = 1, 2, 3, \dots, k$

Entonces, suponiendo que:

$$d'(A_i) = \min Cb(S_i \geq S_k)$$

Para  $k = 1, 2, 3, \dots, n; k \neq i$ .

El peso del vector es:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T$$

$$d(Cb_1) = \min\{1.000, 0.727, 1.000, 1.000\} = 0.727$$

$$d(Cb_2) = \min\{0.965, 0.692, 1.000, 0.988\} = 0.692$$

$$d(Cb_3) = \min\{1.000, 1.000, 1.000, 1.000\} = 1.000$$

$$d(Cb_4) = \min\{0.377, 0.400, 0.072, 0.375\} = 0.072$$

$$d(Cb_5) = \min\{0.977, 1.000, 0.707, 1.000\} = 0.707$$

Donde:

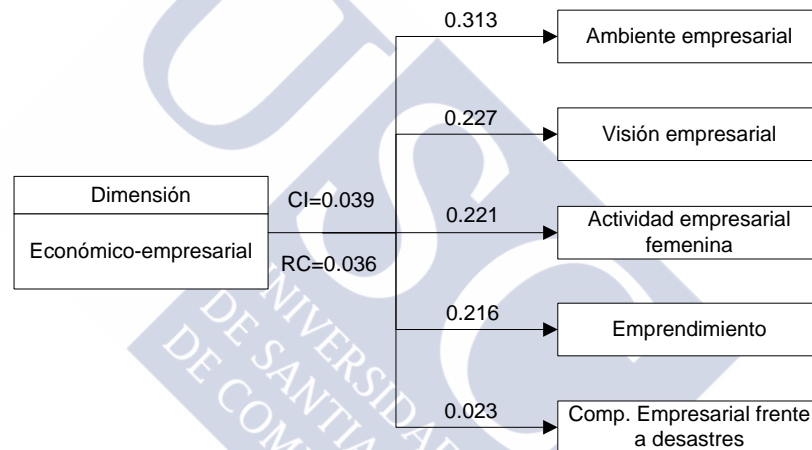
$$W' = (d(Cb_1), d(Cb_2), d(Cb_3), d(Cb_4), d(Cb_5))^T$$

$$W' = (0.727, 0.692, 1.000, 0.072, 0.707)$$

Normalizando, el vector de pesos queda:

$$G(W_{Cb1}, W_{Cb2}, W_{Cb3}, W_{Cb4}, W_{Cb5}) \\ = (0.227, 0.216, 0.313, 0.023, 0.221)$$

Es decir la jerarquización ponderada de los juicios para evaluar los criterios relacionados con la resiliencia es la siguiente:



Gráfica 6.5 Estructura ponderada de la dimensión económica -empresarial  
Fuente: Elaborado a partir del análisis multicriterio difuso

#### 6.5.4 Dimensión sociorregional

El análisis jerárquico multicriterio difuso para la dimensión sociorregional considera doce criterios y cinco expertos. Sus respuestas son tratadas a través de matrices difusas y su robustez es verificada a través de la razón de consistencia. En resumen, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 6.32 Resumen de consistencia de matrices de expertos en la dimensión sociorregional

Ord.	Nombre del experto	Criterios de evaluación	CI	RI	Observación
1	Experto I	12	0.120	0.081	Matriz consistente
2	Experto II	12	0.127	0.086	Matriz consistente
3	Experto III	12	0.123	0.083	Matriz consistente
4	Experto IV	12	0.119	0.080	Matriz consistente
5	Experto V	12	0.112	0.076	Matriz consistente

Haciendo uso de la media geométrica, los datos de las matrices son tratados, obteniéndose una matriz síntesis con la cual se desarrolla el proceso de ponderación y jerarquización.



Tabla 6.33 *Datos obtenidos de expertos en análisis de la dimensión sociorregional (media geométrica)*

	Nivel de educación			Edad de la población			Discapacidades			Género			Educación básica			Ocupación			Identidad			Cobertura de seguro de salud			Cobertura médica			Influencia religiosa			Identidad empres./terr.			Vulnerab. social		
Nivel de educación	0.500	1.000	1.500	1.661	2.169	2.674	0.654	0.944	1.272	1.351	1.755	2.239	0.660	0.922	1.320	0.437	0.561	0.784	0.478	0.803	1.176	0.500	1.000	1.500	0.437	0.660	0.922	2.257	2.551	3.272	1.783	2.287	2.789	0.570	0.740	1.021
Edad de la población	0.374	0.461	0.602	0.500	1.000	1.500	0.574	1.084	1.589	1.000	1.500	2.000	0.500	1.000	1.500	0.500	0.667	1.000	0.457	0.594	0.850	0.500	0.667	1.000	0.500	0.667	1.000	0.400	0.500	0.667	2.000	2.500	3.000	1.320	1.733	1.644
Discapacidades	0.784	0.059	1.528	0.629	0.922	1.741	0.500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	0.500	0.667	1.000	1.000	1.500	2.000	0.500	0.784	1.176	0.400	0.500	0.667	0.333	0.400	0.500	0.871	1.275	1.741	2.000	2.500	3.000	0.418	0.574	0.784
Género	0.447	0.570	0.740	0.500	0.667	1.000	0.333	0.400	0.500	0.500	1.000	1.500	0.833	1.204	1.605	1.204	1.605	2.081	0.392	0.833	0.776	0.333	0.400	0.500	0.286	0.333	0.400	0.667	1.000	2.000	0.457	0.594	0.850	0.286	0.333	0.400
Educación básica	0.758	0.084	1.516	0.667	1.000	2.000	1.000	1.500	2.000	0.623	0.830	1.201	0.500	1.000	1.500	1.000	1.500	2.000	0.500	0.784	1.176	0.500	0.667	1.000	0.400	0.500	0.667	1.204	1.605	2.081	1.500	2.000	2.500	2.081	2.612	3.129
Ocupación	1.275	0.783	2.287	1.000	1.500	2.000	0.500	0.667	1.000	0.480	0.623	0.830	0.500	0.667	1.000	0.500	1.000	1.500	0.500	1.000	1.500	0.500	0.667	1.000	0.400	0.500	0.667	1.500	2.000	2.500	0.500	0.667	1.000	0.400	0.500	0.667
Identidad	0.850	0.246	2.091	1.176	1.683	2.187	0.850	1.275	2.000	1.289	1.201	2.551	0.850	1.275	2.000	0.667	1.000	2.000	0.500	1.000	1.500	1.000	1.500	2.000	0.500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	1.500	2.000	2.500	0.871	1.383	1.084
Cobertura de seguro de salud	0.667	1.000	2.000	1.000	1.500	2.000	1.500	2.000	2.500	2.000	2.500	3.000	1.000	1.500	2.000	1.000	1.500	2.000	0.500	0.667	1.000	0.500	1.000	1.500	0.500	0.667	1.000	1.000	1.500	2.000	1.000	1.500	2.000	0.667	1.000	2.000
Cobertura médica	1.084	0.516	2.287	1.000	1.500	2.000	2.000	2.500	3.000	2.500	3.000	3.500	1.500	2.000	2.500	1.500	2.000	2.500	0.667	1.000	2.000	1.000	1.500	2.000	0.500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	1.500	2.000	2.500	0.623	0.830	1.201
Influencia religiosa	0.300	0.392	0.443	1.500	2.000	2.500	0.574	0.784	1.149	0.500	1.000	1.500	0.480	0.623	0.830	0.400	0.500	0.667	0.333	0.400	0.500	0.500	0.667	1.000	0.333	0.400	0.500	0.500	1.000	1.500	0.400	0.500	0.667	0.418	0.530	0.723
Identidad empres./terr.	0.359	0.437	0.561	0.333	0.400	0.500	0.333	0.400	0.500	1.176	1.683	2.187	0.400	0.500	0.667	1.000	1.500	2.000	0.400	0.500	0.667	0.500	0.667	1.000	0.400	0.500	0.667	1.500	2.000	2.500	0.500	1.000	1.500	0.500	0.667	1.000
Vulnerabilidad social	0.979	0.351	1.755	0.608	0.577	0.758	1.275	1.741	2.391	2.500	3.000	3.500	0.320	0.383	0.480	1.500	2.000	2.500	0.922	0.723	1.149	0.500	1.000	1.500	0.833	1.204	1.605	1.383	1.888	2.391	1.000	1.500	2.000	0.500	1.000	1.500

Fuente: Elaborado a partir de las matrices multicriterio individuales

La matriz normalizada considerando  $CC_{CRIPS} = \frac{4m+l+u}{6}$  de los valores correspondientes a las medias geométricas de los expertos es la siguiente:

Tabla 6.34 *Datos normalizados de expertos en análisis de la dimensión sociorregional*

	Nivel de educación	Edad de la población	Discap.	Género	Educación básica	Ocupación	Identidad	Cobertura de seguro de salud	Cobertura médica	Influencia religiosa	Identidad empr. /terr.	Vulnerabilidad social	Suma	Vector Prior.
Nivel de educación	1.000	2.169	0.950	1.769	0.945	0.578	0.811	1.000	0.666	2.622	2.286	0.759	15.554	<b>0.092</b>
Edad de la población	0.470	1.000	1.084	1.500	1.000	0.694	0.614	0.694	0.694	0.511	2.500	1.649	12.411	<b>0.073</b>
Discapacidades	1.092	1.010	1.000	2.500	0.694	1.500	0.802	0.511	0.406	1.286	2.500	0.583	13.884	<b>0.082</b>
Género	0.578	0.694	0.406	1.000	1.209	1.618	0.750	0.406	0.337	1.111	0.614	0.337	9.058	<b>0.053</b>
Educación básica	1.102	1.111	1.500	0.858	1.000	1.500	0.802	0.694	0.511	1.618	2.000	2.610	15.306	<b>0.090</b>
Ocupación	1.782	1.500	0.694	0.634	0.694	1.000	1.000	0.694	0.511	2.000	0.694	0.511	11.716	<b>0.069</b>
Identidad	1.321	1.682	1.325	1.441	1.325	1.111	1.000	1.500	1.000	2.500	2.000	1.248	17.454	<b>0.103</b>
Cobertura de seguro de salud	1.111	1.500	2.000	2.500	1.500	1.500	0.694	1.000	0.694	1.500	1.500	1.111	16.611	<b>0.098</b>
Cobertura médica	1.572	1.500	2.500	3.000	2.000	2.000	1.111	1.500	1.000	2.500	2.000	0.858	21.541	<b>0.127</b>
Influencia religiosa	0.386	2.000	0.810	1.000	0.634	0.511	0.406	0.694	0.406	1.000	0.511	0.543	8.901	<b>0.053</b>
Identidad empres. /terr.	0.445	0.406	0.406	1.682	0.511	1.500	0.511	0.694	0.511	2.000	1.000	0.694	10.361	<b>0.061</b>
Vulnerabilidad social	1.356	0.612	1.772	3.000	0.389	2.000	0.827	1.000	1.209	1.888	1.500	1.000	16.553	<b>0.098</b>
	<b>12.215</b>	<b>15.184</b>	<b>14.447</b>	<b>20.883</b>	<b>11.901</b>	<b>15.512</b>	<b>9.328</b>	<b>10.389</b>	<b>7.945</b>	<b>20.536</b>	<b>19.106</b>	<b>11.903</b>	<b>169.349</b>	

Fuente: Elaborado a partir de las matrices multicriterio individuales

Donde  $\Lambda_{max} = 13.088$

$CI = 0.0989$

$RC = \frac{CI}{RI} = 0.067$

Como  $0.067 \leq 0.1$  la matriz es consistente.

El método de análisis extendido de Saaty y los principios de comparación de los números difusos se emplean para obtener estimaciones de los vectores de peso para los niveles individuales de una jerarquía (Chang D.-Y. , 1996). Sobre la base de los valores difusos de la Tabla 6.34, aplicando el método de extensión, se obtiene valores sintéticos difusos, así:

$$\sum_{i=1}^{12} \sum_{j=1}^{12} Cc_{gi}^j = (0.500, 1.000, 1.500) + (1.661, 2.169, 2.674) + \dots \\ + (0.500 + 1.000 + 1.500)$$

$$\sum_{i=1}^{12} \sum_{j=1}^{12} Cc_{gi}^j = (120.105, 167.200, 227.189)$$

$$\left[ \sum_{i=1}^{12} \sum_{j=1}^{12} Cc_{gi}^j \right]^{-1} = (0.004, 0.006, 0.008)$$

$$\sum_{j=1}^{12} Cc_{gi}^j = (0.500, 1.000, 1.50) + (1.661, 2.169, 2.674) + \dots + (0.570, 0.740, 1.021)$$

$$\sum_{j=1}^{12} Cc_{gi}^j = (11.298, 15.392, 20.469)$$

$$Cc1 = \sum_{j=1}^{12} Cc_{gi}^j * \left[ \sum_{i=1}^{12} \sum_{j=1}^{12} Cc_{gi}^j \right]^{-1} = (0.050, 0.092, 0.170)$$

Similar procedimiento con los demás criterios, obteniéndose los siguientes valores:

Tabla 6.35 Vectores difusos sintéticos de expertos en la dimensión sociorregional

Criterios	l	m	u
<b>Cc1</b>	0.050	0.092	0.170
<b>Cc2</b>	0.038	0.074	0.136
<b>Cc3</b>	0.044	0.082	0.155
<b>Cc4</b>	0.027	0.053	0.103
<b>Cc5</b>	0.047	0.090	0.173
<b>Cc6</b>	0.035	0.069	0.133
<b>Cc7</b>	0.053	0.102	0.203
<b>Cc8</b>	0.050	0.097	0.191
<b>Cc9</b>	0.070	0.128	0.233
<b>Cc10</b>	0.027	0.052	0.100
<b>Cc11</b>	0.033	0.061	0.114
<b>Cc12</b>	0.054	0.097	0.179

A continuación se calculan, en base de comparación, los vectores de ponderación del nivel de valor de la jerarquía, considerando el grado de posibilidad de que  $Cc_2 \geq Cc$  que se define como:

$$Cc(Cc_2 \geq Cc_1) = \sup_{y \geq x} [\min(\mu_{Cc_1}(x), \mu_{Cc_2}(y))]$$

Donde esto es un par  $(x, y)$ , de modo que  $y \geq x$  y  $\mu_{Cc_1}(x) = \mu_{Cc_2}(y)$  y  $Cc(Cc_2 \geq Cc_1) = 1$ .

Mientras  $Cc_1 = (l_1, m_1, u_1)$  y  $Cc_2 = (l_2, m_2, u_2)$  números difusos convexos, entonces:

$$Cc(Cc_2 \geq Cc_1) = hgt(Cc_1 \cap Cc_2) = \mu_{Cc_2}(d) = f(x)$$

$$= \begin{cases} 1, & \text{Sí } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{Sí } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{otro} \end{cases}$$

Se tiene:

$Cc(Cc_1 > Cc_2)$	1.000	$Cc(Cc_2 > Cc_1)$	0.827	$Cc(Cc_3 > Cc_1)$	0.912
$Cc(Cc_1 > Cc_3)$	1.000	$Cc(Cc_2 > Cc_3)$	0.922	$Cc(Cc_3 > Cc_2)$	1.000
$Cc(Cc_1 > Cc_4)$	1.000	$Cc(Cc_2 > Cc_4)$	1.000	$Cc(Cc_3 > Cc_4)$	1.000
$Cc(Cc_1 > Cc_5)$	1.000	$Cc(Cc_2 > Cc_5)$	0.846	$Cc(Cc_3 > Cc_5)$	0.928
$Cc(Cc_1 > Cc_6)$	1.000	$Cc(Cc_2 > Cc_6)$	1.000	$Cc(Cc_3 > Cc_6)$	1.000
$Cc(Cc_1 > Cc_7)$	0.921	$Cc(Cc_2 > Cc_7)$	0.748	$Cc(Cc_3 > Cc_7)$	0.835
$Cc(Cc_1 > Cc_8)$	0.955	$Cc(Cc_2 > Cc_8)$	0.785	$Cc(Cc_3 > Cc_8)$	0.869
$Cc(Cc_1 > Cc_9)$	0.738	$Cc(Cc_2 > Cc_9)$	0.553	$Cc(Cc_3 > Cc_9)$	0.650
$Cc(Cc_1 > Cc_{10})$	1.000	$Cc(Cc_2 > Cc_{10})$	1.000	$Cc(Cc_3 > Cc_{10})$	1.000
$Cc(Cc_1 > Cc_{11})$	1.000	$Cc(Cc_2 > Cc_{11})$	1.000	$Cc(Cc_3 > Cc_{11})$	1.000
$Cc(Cc_1 > Cc_{12})$	0.952	$Cc(Cc_2 > Cc_{12})$	0.438	$Cc(Cc_3 > Cc_{12})$	0.863
$Cc(Cc_4 > Cc_1)$	0.579	$Cc(Cc_5 > Cc_1)$	0.985	$Cc(Cc_6 > Cc_1)$	0.784
$Cc(Cc_4 > Cc_2)$	0.760	$Cc(Cc_5 > Cc_2)$	1.000	$Cc(Cc_6 > Cc_2)$	1.000
$Cc(Cc_4 > Cc_3)$	0.676	$Cc(Cc_5 > Cc_3)$	1.000	$Cc(Cc_6 > Cc_3)$	0.876
$Cc(Cc_4 > Cc_5)$	0.602	$Cc(Cc_5 > Cc_4)$	1.000	$Cc(Cc_6 > Cc_4)$	1.000
$Cc(Cc_4 > Cc_6)$	0.811	$Cc(Cc_5 > Cc_6)$	1.000	$Cc(Cc_6 > Cc_5)$	0.803
$Cc(Cc_4 > Cc_7)$	0.506	$Cc(Cc_5 > Cc_7)$	0.910	$Cc(Cc_6 > Cc_7)$	0.708
$Cc(Cc_4 > Cc_8)$	0.545	$Cc(Cc_5 > Cc_8)$	0.943	$Cc(Cc_6 > Cc_8)$	0.744
$Cc(Cc_4 > Cc_9)$	0.308	$Cc(Cc_5 > Cc_9)$	0.733	$Cc(Cc_6 > Cc_9)$	0.518
$Cc(Cc_4 > Cc_{10})$	1.000	$Cc(Cc_5 > Cc_{10})$	1.000	$Cc(Cc_6 > Cc_{10})$	1.000
$Cc(Cc_4 > Cc_{11})$	0.899	$Cc(Cc_5 > Cc_{11})$	1.000	$Cc(Cc_6 > Cc_{11})$	1.000
$Cc(Cc_4 > Cc_{12})$	0.523	$Cc(Cc_5 > Cc_{12})$	0.939	$Cc(Cc_6 > Cc_{12})$	0.733



Cc(Cc7>Cc1)	1.000	Cc(Cc8>Cc1)	1.000	Cc(Cc9>Cc1)	1.000
Cc(Cc7>Cc2)	1.000	Cc(Cc8>Cc2)	1.000	Cc(Cc9>Cc2)	1.000
Cc(Cc7>Cc3)	1.000	Cc(Cc8>Cc3)	1.000	Cc(Cc9>Cc3)	1.000
Cc(Cc7>Cc4)	1.000	Cc(Cc8>Cc4)	1.000	Cc(Cc9>Cc4)	1.000
Cc(Cc7>Cc5)	1.000	Cc(Cc8>Cc5)	1.000	Cc(Cc9>Cc5)	1.000
Cc(Cc7>Cc6)	1.000	Cc(Cc8>Cc6)	1.000	Cc(Cc9>Cc6)	1.000
Cc(Cc7>Cc8)	1.000	Cc(Cc8>Cc7)	0.969	Cc(Cc9>Cc7)	1.000
Cc(Cc7>Cc9)	0.839	Cc(Cc8>Cc9)	0.802	Cc(Cc9>Cc8)	1.000
Cc(Cc7>Cc10)	1.000	Cc(Cc8>Cc10)	1.000	Cc(Cc9>Cc10)	1.000
Cc(Cc7>Cc11)	1.000	Cc(Cc8>Cc11)	1.000	Cc(Cc9>Cc11)	1.000
Cc(Cc7>Cc12)	1.000	Cc(Cc8>Cc12)	0.999	Cc(Cc9>Cc12)	1.000
Cc(Cc10>Cc1)	0.559	Cc(Cc11>Cc1)	0.678	Cc(Cc12>Cc1)	1.000
Cc(Cc10>Cc2)	0.743	Cc(Cc11>Cc2)	0.858	Cc(Cc12>Cc2)	1.000
Cc(Cc10>Cc3)	0.657	Cc(Cc11>Cc3)	0.775	Cc(Cc12>Cc3)	1.000
Cc(Cc10>Cc4)	0.988	Cc(Cc11>Cc4)	1.000	Cc(Cc12>Cc4)	1.000
Cc(Cc10>Cc5)	0.583	Cc(Cc11>Cc5)	0.699	Cc(Cc12>Cc5)	1.000
Cc(Cc10>Cc6)	0.795	Cc(Cc11>Cc6)	0.909	Cc(Cc12>Cc6)	1.000
Cc(Cc10>Cc7)	0.486	Cc(Cc11>Cc7)	0.601	Cc(Cc12>Cc7)	1.000
Cc(Cc10>Cc8)	0.525	Cc(Cc11>Cc8)	0.640	Cc(Cc12>Cc8)	1.000
Cc(Cc10>Cc9)	0.285	Cc(Cc11>Cc9)	0.402	Cc(Cc12>Cc9)	0.786
Cc(Cc10>Cc11)	0.885	Cc(Cc11>Cc10)	1.000	Cc(Cc12>Cc10)	1.000
Cc(Cc10>Cc12)	0.501	Cc(Cc11>Cc12)	0.622	Cc(Cc12>Cc11)	1.000

El grado de posibilidad de que un número difuso convexo sea mayor que  $k$  números convexos se define como:

$$Cc(Cc \geq Cc_1, Cc_2, \dots, k) = Cc [(Cc \geq Cc_1) y (Cc \geq Cc_2) y \dots y (Cc \geq Cc_k)]$$

$$= \min Cc(Cc \geq Cc_i) = 1, 2, 3, \dots, k$$

Entonces, suponiendo que:

$$d'(A_i) = \min Cc(S_i \geq S_k)$$

Para  $k = 1, 2, 3, \dots, n; k \neq i$ .

El peso del vector es:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T$$

$$d(Cc_1) = \min\{1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 0.921, 0.955, 0.738, 1.000, 1.000, 0.952\} = 0.738$$

$$d(Cc_2) = \min\{0.827, 0.922, 1.000, 0.846, 1.000, 0.748, 0.785, 0.553, 1.000, 1.000, 0.438\} = 0.438$$

$$d(Cc_3) = \min\{0.912, 1.000, 1.000, 0.928, 1.000, 0.835, 0.869, 0.650, 1.000, 1.000, 0.863\} = 0.650$$

$$d(Cc_4) = \min\{0.579, 0.760, 0.676, 0.602, 0.811, 0.506, 0.545, 0.308, 1.000, 0.899, 0.523\} = 0.308$$

$$d(Cc_5) = \min\{0.985, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 0.910, 0.943, 0.733, 1.000, 1.000, 0.939\} = 0.733$$

$$d(Cc_6) = \min\{0.784, 1.000, 0.876, 1.000, 0.803, 0.708, 0.744, 0.518, 1.000, 1.000, 0.733\} = 0.518$$

$$d(Cc_7) = \min\{1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 0.839, 1.000, 1.000, 1.000\} = 0.839$$

$$d(Cc_8) = \min\{1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 0.969, 0.802, 1.000, 1.000, 0.999\} = 0.802$$

$$d(Cc_9) = \min\{1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000\} = 1.000$$

$$d(Cc_{10}) = \min\{0.599, 0.743, 0.657, 0.988, 0.583, 0.795, 0.486, 0.525, 0.285, 0.885, 0.501\} = 0.285$$

$$d(Cc_{11}) = \min\{0.678, 0.858, 0.755, 1.000, 0.699, 0.909, 0.601, 0.640, 0.402, 1.000, 0.622\} = 0.402$$

$$d(Cc_{12}) = \min\{1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 0.786, 1.000, 1.000\} = 0.786$$

Donde:

$$W' = (d(Cc_1), d(Cc_2), d(Cc_3), d(Cc_4), d(Cc_5), d(Cc_6), d(Cc_7), d(Cc_8), d(Cc_9), d(Cc_{10}), d(Cc_{11}), d(Cc_{12}))^T$$

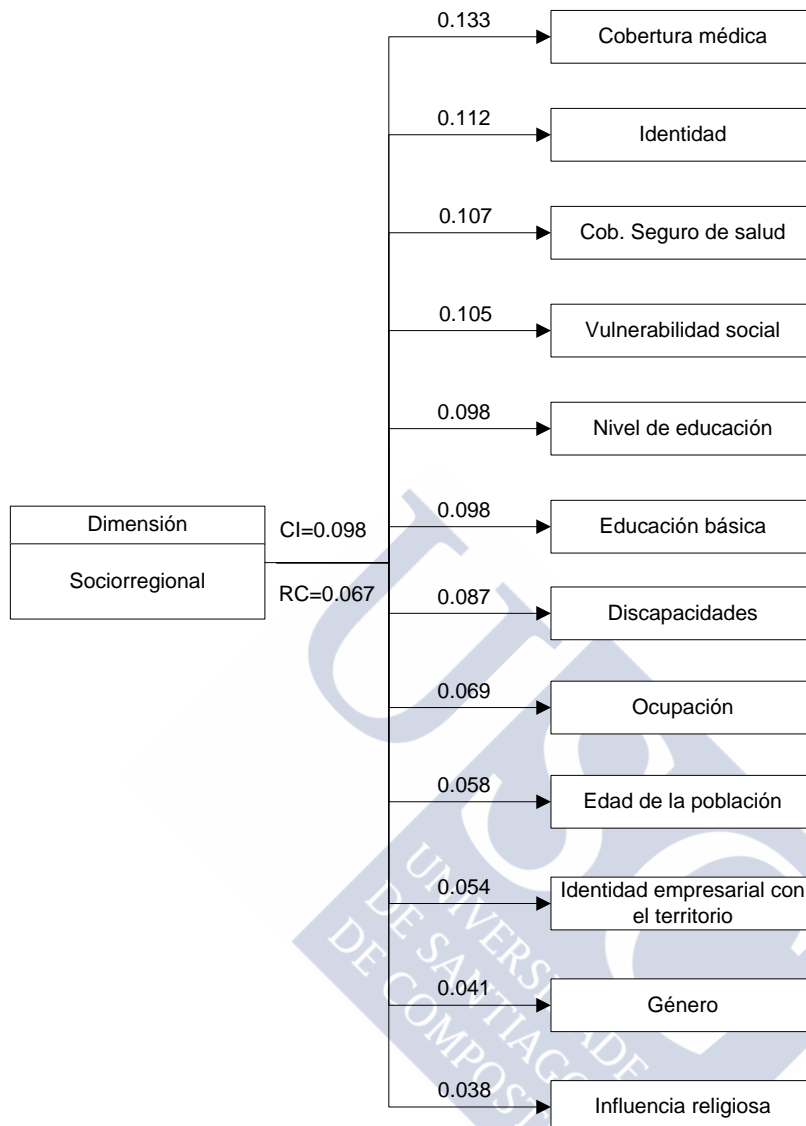
$$W' = (0.738, 0.438, 0.650, 0.308, 0.733, 0.518, 0.839, 0.802, 1.000, 0.285, 0.402, 0.786)$$

Normalizando, el vector de pesos queda:

$$G(W_{Cc1}, W_{Cc2}, W_{Cc3}, W_{Cc4}, W_{Cc5}, W_{Cc6}, W_{Cc7}, W_{Cc8}, W_{Cc9}, W_{Cc10}, W_{Cc11})$$

$$= (0.098, 0.058, 0.087, 0.041, 0.098, 0.069, 0.112, 0.107, 0.133, 0.038, 0.054, 0.105)$$

Es decir, la jerarquización ponderada de los juicios para evaluar los criterios relacionados con la resiliencia es la siguiente:



Gráfica 6.6 Estructura ponderada de la dimensión sociorregional  
Fuente: Elaborado a partir de análisis multicriterio difuso

### 6.5.5 Dimensión sociocomunitaria

El análisis jerárquico multicriterio difuso para la dimensión sociocomunitaria considera ocho criterios y cinco expertos, sus respuestas son tratadas a través de matrices difusas y su robustez es verificada a través de la razón de consistencia, en resumen se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 6.36 *Resumen de consistencia de matrices de expertos en la dimensión socio - comunitaria*

Ord.	Nombre del experto	Criterios de evaluación	CI	RI	Observación
1	Experto I	8	0.079	0.056	Matriz consistente
2	Experto II	8	0.066	0.047	Matriz consistente
3	Experto III	8	0.079	0.056	Matriz consistente
4	Experto IV	8	0.102	0.072	Matriz consistente
5	Experto V	8	0.078	0.056	Matriz consistente

Fuente: Elaborado a partir de las matrices multicriterio individuales

Haciendo uso de la media geométrica, los datos de las matrices son tratados, obteniéndose una matriz síntesis con la cual se desarrolla el proceso de ponderación y jerarquización.

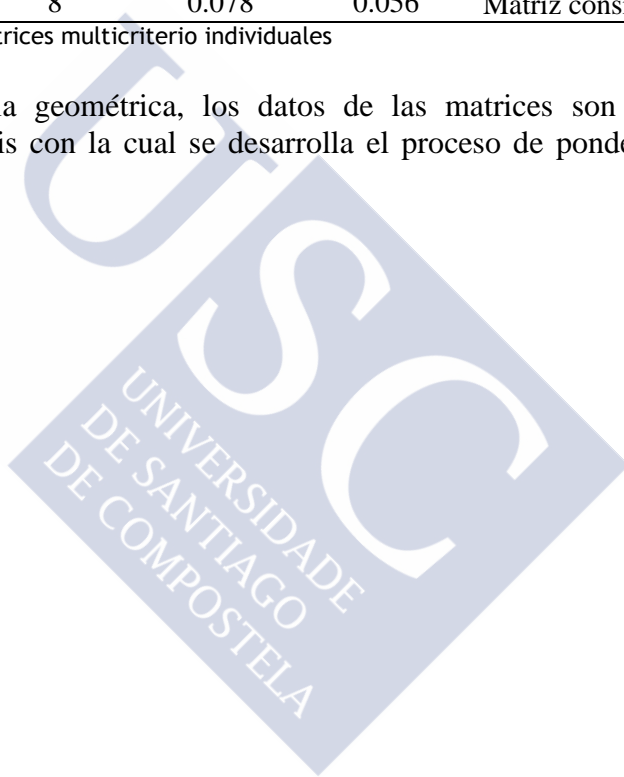


Tabla 6.37 Datos obtenidos de expertos en la dimensión sociocomunitaria (media geométrica)

	Resiliencia individual y comunitaria			Cohesión familiar			Cohesión comunitaria			Asociatividad			Solidaridad			Liderazgo			Confianza institucional			Responsabilidad social empresarial		
<b>Resiliencia individual y comunitaria</b>	0.500	1.000	1.500	0.715	1.149	1.623	1.246	1.760	2.268	1.413	1.679	2.309	0.776	1.320	1.840	0.944	1.465	1.974	2.038	2.551	3.059	2.091	2.593	3.094
<b>Cohesión familiar</b>	0.616	0.871	1.398	0.500	1.000	1.500	0.500	0.667	1.000	0.500	0.667	1.000	0.500	1.000	1.500	0.500	0.667	1.000	1.000	1.500	2.000	1.500	2.000	2.500
<b>Cohesión comunitaria</b>	0.441	0.568	0.803	1.000	1.500	2.000	0.500	1.000	1.500	1.000	1.500	2.000	1.000	1.500	2.000	0.400	0.500	0.667	1.500	2.000	2.500	1.500	2.000	2.500
<b>Asociatividad</b>	0.433	0.596	0.708	1.000	1.500	2.000	0.500	0.667	1.000	0.500	1.000	1.500	0.400	0.500	0.667	0.500	0.667	1.000	0.574	1.084	1.589	0.500	1.000	1.500
<b>Solidaridad</b>	0.543	0.758	1.289	0.667	1.000	2.000	0.500	0.667	1.000	1.500	2.000	2.500	0.500	1.000	1.500	1.000	1.500	2.000	0.500	1.000	1.500	0.500	1.000	1.500
<b>Liderazgo</b>	0.506	0.683	1.059	1.000	1.500	2.000	1.500	2.000	2.500	1.000	1.500	2.000	0.500	0.667	1.000	0.500	1.000	1.500	0.478	0.871	1.275	1.000	1.500	2.000
<b>Confianza institucional</b>	0.327	0.392	0.491	0.500	0.667	1.000	0.400	0.500	0.667	0.629	0.922	1.741	0.667	1.000	2.000	0.784	1.149	2.091	0.500	1.000	1.500	1.500	2.000	2.500
<b>Responsabilidad social empresarial</b>	0.323	0.386	0.478	0.400	0.500	0.667	0.400	0.500	0.667	0.667	1.000	2.000	0.667	0.667	2.000	0.500	0.667	1.000	0.400	0.500	0.667	0.500	1.000	1.500

Fuente: Elaborado a partir de las matrices multicriterio individuales

La matriz normalizada considerando  $Cd_{CRIPS} = \frac{4m+l+u}{6}$  de los valores correspondientes a las medias geométricas de los expertos es la siguiente:

Tabla 6.38 Datos normalizados de expertos en análisis de la dimensión sociocomunitaria

	Resiliencia individual y comunitaria	Cohesión familiar	Cohesión comunitaria	Asociatividad	Solidaridad	Liderazgo	Confianza institucional	Responsabilidad social empresarial	Suma	Vector Prior.
Resiliencia individual y comunitaria	1.000	1.155	1.759	1.739	1.316	1.463	2.550	2.593	13.575	<b>0.188</b>
Cohesión familiar	0.916	1.000	0.694	0.694	1.000	0.694	1.500	2.000	8.499	<b>0.118</b>
Cohesión comunitaria	0.586	1.500	1.000	1.500	1.500	0.511	2.000	2.000	10.597	<b>0.147</b>
Asociatividad	0.587	1.500	0.694	1.000	0.511	0.694	1.084	1.000	7.071	<b>0.098</b>
Solidaridad	0.811	1.111	0.694	2.000	1.000	1.500	1.000	1.000	9.116	<b>0.126</b>
Liderazgo	0.716	1.500	2.000	1.500	0.694	1.000	0.873	1.500	9.783	<b>0.135</b>
Confianza institucional	0.398	0.694	0.511	1.010	1.111	1.245	1.000	2.000	7.969	<b>0.110</b>
Responsabilidad social empresarial	0.391	0.511	0.511	1.111	0.889	0.694	0.511	1.000	5.618	<b>0.078</b>
	<b>5.404</b>	<b>8.972</b>	<b>7.864</b>	<b>10.555</b>	<b>8.021</b>	<b>7.803</b>	<b>10.517</b>	<b>13.093</b>	<b>72.230</b>	

Fuente: Elaborado a partir de las matrices multicriterio individuales

Donde  $\lambda_{max} = 8.507$

$CI = 0.0724$

$RC = \frac{CI}{RI} = 0.051$

Como  $0.051 \leq 0.1$  la matriz es consistente

El método de análisis extendido de Saaty y los principios de comparación de los números difusos se emplean para obtener estimaciones de los vectores de peso para los niveles individuales de una jerarquía (Chang D.-Y. , 1996). Sobre la base de los valores difusos de la Tabla 6.38 aplicando el método de extensión se obtiene valores sintéticos difusos, así:

$$\sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^8 Cd_{gi}^j = (0.500, 1.000, 1.500) + (0.715, 1.149, 1.623) + \dots \\ + (0.500 + 1.000 + 1.500)$$

$$\sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^8 Cd_{gi}^j = (39.355, 57.868, 83.995)$$

$$\left[ \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^8 Cd_{gi}^j \right]^{-1} = (0.012, 0.017, 0.025)$$

$$\sum_{j=1}^8 Cd_{gi}^j = (0.500, 1.000, 1.500) + (0.715, 1.149, 1.623) + \dots + (2.091, 2.593, 3.094)$$

$$\sum_{j=1}^8 Cd_{gi}^j = (7.632, 10.923, 14.573)$$

$$Cd1 = \sum_{j=1}^8 Cd_{gi}^j * \left[ \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^8 Cd_{gi}^j \right]^{-1} = (0.091, 0.189, 0.370)$$

Similar procedimiento con los demás criterios, obteniéndose los siguientes valores:

Tabla 6.39 Vectores difusos sintéticos de expertos en la dimensión sociocomunitaria

Criterios	l	m	u
<b>Cd1</b>	0.091	0.189	0.370
<b>Cd2</b>	0.049	0.110	0.239
<b>Cd3</b>	0.070	0.148	0.291
<b>Cd4</b>	0.047	0.104	0.215
<b>Cd5</b>	0.062	0.137	0.300
<b>Cd6</b>	0.065	0.142	0.288
<b>Cd7</b>	0.045	0.097	0.241
<b>Cd8</b>	0.040	0.073	0.190



A continuación se calculan, en base de comparación, los vectores de ponderación del nivel de valor de la jerarquía, considerando el grado de posibilidad de que  $Cd_2 \geq Cd_1$  que se define como:

$$Cd(Cd_2 \geq Cd_1) = \sup_{y \geq x} [\min(\mu_{Cd_1}(x), \mu_{Cd_2}(y))]$$

Donde esto es un par  $(x, y)$ , de modo que  $y \geq x$  y  $\mu_{Cd_1}(x) = \mu_{Cd_2}(y)$  y  $Cd(Cd_2 \geq Cd_1) = 1$ . Mientras  $Cd_1 = (l_1, m_1, u_1)$  y  $Cd_2 = (l_2, m_2, u_2)$  números difusos convexos, entonces:

$$Cd(Cd_2 \geq Cd_1) = hgt(Cd_1 \cap Cd_2) = \mu_{Cd_2}(d) = f(x)$$

$$= \begin{cases} 1, & \text{Sí } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{Sí } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{otro} \end{cases}$$

Se tiene:

Cd(Cd1>Cd2) 1.000	Cd(Cd2>Cd1) 0.653	Cd(Cd3>Cd1) 0.831
Cd(Cd1>Cd3) 1.000	Cd(Cd2>Cd3) 0.817	Cd(Cd3>Cd2) 1.000
Cd(Cd1>Cd4) 1.000	Cd(Cd2>Cd4) 1.000	Cd(Cd3>Cd4) 1.000
Cd(Cd1>Cd5) 1.000	Cd(Cd2>Cd5) 0.868	Cd(Cd3>Cd5) 1.000
Cd(Cd1>Cd6) 1.000	Cd(Cd2>Cd6) 0.844	Cd(Cd3>Cd6) 1.000
Cd(Cd1>Cd7) 1.000	Cd(Cd2>Cd7) 1.000	Cd(Cd3>Cd7) 1.000
Cd(Cd1>Cd8) 1.000	Cd(Cd2>Cd8) 1.000	Cd(Cd3>Cd8) 1.000
Cd(Cd4>Cd1) 0.594	Cd(Cd5>Cd1) 0.801	Cd(Cd6>Cd1) 0.808
Cd(Cd4>Cd2) 0.964	Cd(Cd5>Cd2) 1.000	Cd(Cd6>Cd2) 1.000
Cd(Cd4>Cd3) 0.767	Cd(Cd5>Cd3) 0.954	Cd(Cd6>Cd3) 0.973
Cd(Cd4>Cd5) 0.822	Cd(Cd5>Cd4) 1.000	Cd(Cd6>Cd4) 1.000
Cd(Cd4>Cd6) 0.797	Cd(Cd5>Cd6) 0.979	Cd(Cd6>Cd5) 1.000
Cd(Cd4>Cd7) 1.000	Cd(Cd5>Cd7) 1.000	Cd(Cd6>Cd7) 1.000
Cd(Cd4>Cd8) 1.000	Cd(Cd5>Cd8) 1.000	Cd(Cd6>Cd8) 1.000
Cd(Cd7>Cd1) 0.622	Cd(Cd8>Cd1) 0.461	
Cd(Cd7>Cd2) 0.938	Cd(Cd8>Cd2) 0.791	
Cd(Cd7>Cd3) 0.772	Cd(Cd8>Cd3) 0.616	
Cd(Cd7>Cd4) 0.967	Cd(Cd8>Cd4) 0.822	
Cd(Cd7>Cd5) 0.819	Cd(Cd8>Cd5) 0.667	
Cd(Cd7>Cd6) 0.797	Cd(Cd8>Cd6) 0.643	
Cd(Cd7>Cd8) 1.000	Cd(Cd8>Cd7) 0.856	

El grado de posibilidad de que un número difuso convexo sea mayor que  $k$  números convexos se define como:  $Cd(Cd \geq Cd_1, Cd_2, \dots, k) = Cd[(Cd \geq Cd_1) \text{ y } (Cd \geq Cd_2) \text{ y } \dots \text{ y } (Cd \geq Cd_k)] = \min Cd(Cd \geq Cd_i) = 1, 2, 3, \dots, k$

Entonces, suponiendo que:

$$d'(A_i) = \min Cd(S_i \geq S_k)$$

Para  $k = 1, 2, 3, \dots, n; k \neq i$ .

El peso del vector es:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T$$

$$d(Cd_1) = \min\{1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000\} = 1.000$$

$$d(Cd_2) = \min\{0.653, 0.817, 1.000, 0.868, 0.844, 1.000, 1.000\} = 0.653$$

$$d(Cd_3) = \min\{0.831, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000\} = 0.831$$

$$d(Cd_4) = \min\{0.594, 0.964, 0.767, 0.822, 0.797, 1.000, 1.000\} = 0.594$$

$$d(Cd_5) = \min\{0.801, 1.000, 0.954, 1.000, 0.979, 1.000, 1.000\} = 0.801$$

$$d(Cd_6) = \min\{0.808, 1.000, 0.973, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000\} = 0.808$$

$$d(Cd_7) = \min\{0.622, 0.938, 0.772, 0.967, 0.819, 0.797, 1.000\} = 0.622$$

$$d(Cd_8) = \min\{0.461, 0.791, 0.616, 0.822, 0.667, 0.643, 0.856\} = 0.461$$

Donde:

$$W' = (d(Cd_1), d(Cd_2), d(Cd_3), d(Cd_4), d(Cd_5), d(Cd_6), d(Cd_7), d(Cd_8))^T$$

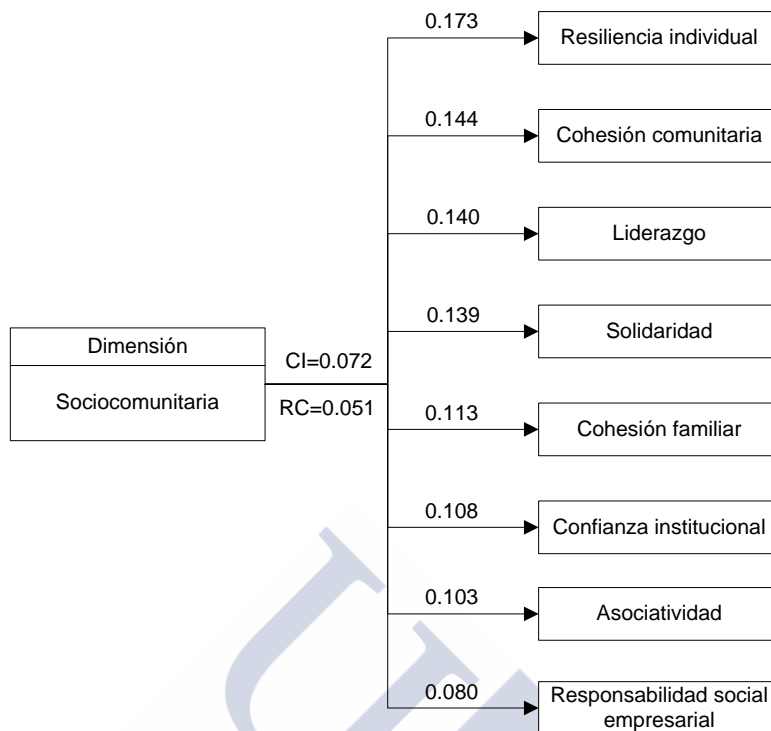
$$W' = (1.000, 0.653, 0.831, 0.594, 0.801, 0.808, 0.622, 0.461)$$

Normalizando, el vector de pesos queda:

$$G(W_{Cd1}, W_{Cd2}, W_{Cd3}, W_{Cd4}, W_{Cd5}, W_{Cd6}, W_{Cd7}, W_{Cd8})$$

$$= (0.173, 0.113, 0.144, 0.103, 0.139, 0.140, 0.108, 0.080)$$

Es decir, la jerarquización ponderada de los juicios para evaluar los criterios relacionados con la resiliencia es la siguiente:



Gráfica 6.7 Estructura ponderada de la dimensión sociocomunitaria  
Fuente: Elaborado a partir de análisis multicriterio difuso

### 6.5.6 Dimensión institucional

El análisis jerárquico multicriterio difuso para la dimensión institucional considera cinco criterios y cuatro expertos. Sus respuestas son tratadas a través de matrices difusas y su robustez es verificada a través de la razón de consistencia. En resumen, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 6.40 Resumen de consistencia de matrices de expertos en la dimensión institucional

Ord.	Nombre del experto	Criterios de evaluación	CI	RI	Observación
1	Experto I	5	0.068	0.060	Matriz consistente
2	Experto II	5	0.065	0.058	Matriz consistente
3	Experto III	5	0.074	0.066	Matriz consistente
4	Experto IV	5	0.052	0.046	Matriz consistente

Fuente: Elaborado a partir de las matrices multicriterio individuales

Haciendo uso de la media geométrica, los datos de las matrices son tratados, obteniéndose una matriz síntesis con la cual se desarrolla el proceso de ponderación y jerarquización.

Tabla 6.41 Datos obtenidos de expertos en análisis de la dimensión institucional (media geométrica)

	Prevención			Mitigación de riesgos			Planes de emergencia institucional			Conocimiento de planes de emergencia empresas)			Coordinación institucional		
<b>Prevención</b>	0.500	1.000	1.500	0.707	1.107	1.565	1.861	2.364	2.866	1.750	2.280	2.798	1.000	1.500	2.000
<b>Mitigación de riesgos</b>	0.639	0.904	1.414	0.500	1.000	1.500	1.581	2.121	2.646	1.732	2.236	2.739	1.225	1.732	2.236
<b>Planes de emergencia institucional</b>	0.349	0.423	0.537	0.378	0.471	0.632	0.500	1.000	1.500	1.732	2.739	2.739	0.447	0.577	0.816
<b>Conocimiento de planes de emergencia (empresas)</b>	0.357	0.439	0.571	0.365	0.447	0.577	0.365	0.365	0.577	0.500	1.000	1.500	0.404	0.508	0.687
<b>Coordinación institucional</b>	0.500	0.667	1.000	0.447	0.577	0.816	1.225	1.732	2.236	1.456	1.968	2.475	0.500	1.000	1.500

Fuente: Elaborado a partir de las matrices multicriterio individuales

La matriz normalizada, considerando  $Ce_{CRIPS} = \frac{4m+l+u}{6}$  de los valores correspondientes a las medias geométricas de los expertos es la siguiente:

Tabla 6.42 Datos normalizados de expertos en análisis de la dimensión institucional

	Prevención	Mitigación de riesgos	Planes de emergencia institucional	Conocimiento de planes de emergencia empresas)	Coordinación institucional	Suma	Vector Prior.
<b>Prevención</b>	1.000	1.116	2.364	2.278	1.500	8.258	<b>0.274</b>
<b>Mitigación de riesgos</b>	0.945	1.000	2.119	2.236	1.732	8.031	<b>0.266</b>
<b>Planes de emergencia institucional</b>	0.430	0.483	1.000	2.571	0.596	5.079	<b>0.168</b>
<b>Conocimiento de planes de emergencia empresas)</b>	0.447	0.455	0.401	1.000	0.521	2.824	<b>0.094</b>
<b>Coordinación institucional</b>	0.694	0.596	1.732	1.967	1.000	5.989	<b>0.198</b>
	<b>3.516</b>	<b>3.650</b>	<b>7.615</b>	<b>10.051</b>	<b>5.348</b>	<b>30.180</b>	

Fuente: Elaborado a partir de las matrices multicriterio individuales

Donde  $\lambda_{max} = 5.216$

$$CI = 0.0541$$

$$RC = \frac{CI}{RI} = 0.048$$

Como  $0.048 \leq 0.1$  la matriz es consistente

El método de análisis extendido de Saaty y los principios de comparación de los números difusos se emplean para obtener estimaciones de los vectores de peso para los niveles individuales de una jerarquía (Chang D.-Y. , 1996). Sobre la base de los valores difusos de la Tabla 6.42, aplicando el método de extensión se obtiene valores sintéticos difusos, así:

$$\sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 Ce_{gi}^j = (0.500, 1.000, 1.500) + (0.707, 1.107, 1.565) + \dots + (0.500 + 1.000 + 1.500)$$

$$\sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 Ce_{gi}^j = (21.021, 30.157, 39.428)$$

$$\left[ \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 Ce_{gi}^j \right]^{-1} = (0.025, 0.033, 0.048)$$

$$\sum_{j=1}^5 Ce_{gi}^j = (0.50, 1.00, 1.50) + (0.707, 1.107, 1.565) + \dots + (1.000, 1.500, 2.000)$$

$$\sum_{j=1}^5 Ce_{gi}^j = (5.818, 8.251, 10.729)$$

$$Ce1 = \sum_{j=1}^5 Ce_{gi}^j * \left[ \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 Ce_{gi}^j \right]^{-1} = (0.148, 0.274, 0.510)$$

Similar procedimiento con los demás criterios, obteniéndose los siguientes valores:

Tabla 6.43 Vectores difusos sintéticos de expertos en la dimensión institucional

Criterios	l	m	u
<b>Ce1</b>	0.148	0.274	0.510
<b>Ce2</b>	0.144	0.265	0.501
<b>Ce3</b>	0.086	0.173	0.296
<b>Ce4</b>	0.051	0.091	0.186
<b>Ce5</b>	0.105	0.197	0.382

A continuación se calculan, en base de comparación, los vectores de ponderación del nivel de valor de la jerarquía, considerando el grado de posibilidad de que  $Ce_2 \geq Ce$  que se define como:

$$Cb(Ce_2 \geq Ce_1) = \sup_{y \geq x} [\min(\mu_{Ce_1}(x), \mu_{Ce_2}(y))]$$

Donde esto es un par  $(x, y)$  de modo que  $y \geq x$  y  $\mu_{Ce_1}(x) = \mu_{Ce_2}(y)$  y  $Ce(Ce_2 \geq Ce_1) = 1$ . Mientras  $Ce_1 = (l_1, m_1, u_1)$  y  $Ce_2 = (l_2, m_2, u_2)$  números difusos convexos, entonces:

$$Ce(Ce_2 \geq Ce_1) = hgt(Ce1 \cap Ce2) = \mu_{Ce_2}(d) = f(x)$$

$$= \begin{cases} 1, & \text{Si } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{Si } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{otro} \end{cases}$$

Se tiene:

Ce(Ce1>Ce2) 1.000	Ce(Ce2>Ce1) 0.976	Ce(Ce3>Ce1) 0.596
Ce(Ce1>Ce3) 1.000	Ce(Ce2>Ce3) 1.000	Ce(Ce3>Ce2) 0.622
Ce(Ce1>Ce4) 1.000	Ce(Ce2>Ce4) 1.000	Ce(Ce3>Ce4) 1.000
Ce(Ce1>Ce5) 1.000	Ce(Ce2>Ce5) 1.000	Ce(Ce3>Ce5) 1.000
Ce(Ce4>Ce1) 0.175	Ce(Ce5>Ce1) 0.754	
Ce(Ce4>Ce2) 0.195	Ce(Ce5>Ce2) 0.778	
Ce(Ce4>Ce3) 0.551	Ce(Ce5>Ce3) 1.000	
Ce(Ce4>Ce5) 0.435	Ce(Ce5>Ce4) 1.000	

El grado de posibilidad de que un número difuso convexo sea mayor que  $k$  números convexos se define como:  $Ce(Ce \geq Ce_1, Ce_2, \dots, k) = Ce[(Ce \geq Ce_1) y (Ce \geq Ce_2) y \dots y (Ce \geq Ce_k)] = \min Ce(Ce \geq Ce_i) = 1, 2, 3, \dots, k$

Entonces, suponiendo que:

$$d'(A_i) = \min Ce(S_i \geq S_k)$$

Para  $k = 1, 2, 3, \dots, n; k \neq i$ .

El peso del vector es:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T$$

$$d(Ce_1) = \min\{1.000, 1.000, 1.000, 1.000\} = 1.000$$

$$d(Ce_2) = \min\{0.976, 1.000, 1.000, 1.000\} = 0.976$$

$$d(Ce_3) = \min\{0.596, 0.175, 1.000, 1.000\} = 0.596$$

$$d(Ce_4) = \min\{0.175, 0.195, 0.551, 0.435\} = 0.175$$

$$d(Ce_5) = \min\{0.754, 0.778, 1.000, 1.000\} = 0.754$$

Donde:

$$W' = (d(Ce_1), d(Ce_2), d(Ce_3), d(Ce_4), d(Ce_5))^T$$

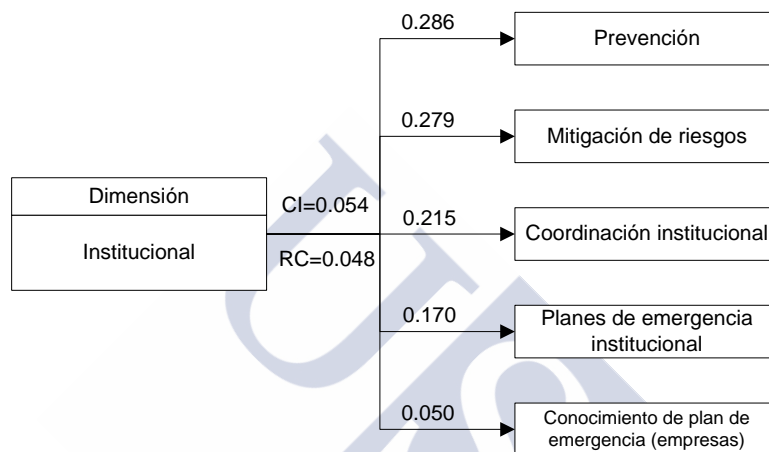
$$W' = (1.000, 0.976, 0.596, 0.175, 0.754)$$

Normalizando, el vector de pesos queda:

$$G(W_{Ce1}, W_{Ce2}, W_{Ce3}, W_{Ce4}, W_{Ce5})$$

$$= (0.286, 0.279, 0.170, 0.050, 0.215)$$

Es decir, la jerarquización ponderada de los juicios para evaluar los criterios relacionados con la resiliencia es la siguiente:



Gráfica 6.8 Estructura ponderada de la dimensión institucional  
Fuente: Elaborado a partir del análisis multicriterio difuso

### 6.5.7 Dimensión infraestructura

El análisis jerárquico multicriterio difuso para la dimensión infraestructura considera seis criterios y tres expertos. Sus respuestas son tratadas a través de matrices difusas y su robustez es verificada a través de la razón de consistencia. En resumen, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 6.44 Resumen de consistencia de matrices de expertos en la dimensión infraestructura

Ord.	Nombre del experto	Criterios de evaluación	CI	RI	Observación
1	Experto I	6	0.102	0.082	Matriz consistente
2	Experto II	6	0.049	0.039	Matriz consistente
3	Experto III	6	0.050	0.040	Matriz consistente

Fuente: Elaborado a partir de las matrices multicriterio individuales

Haciendo uso de la media geométrica, los datos de las matrices son tratados, obteniéndose una matriz síntesis con la cual se desarrollará el proceso de ponderación y jerarquización.



Tabla 6.45 Datos obtenidos de expertos en análisis de la dimensión infraestructura (media geométrica)

	Servicios básicos			Infraestructura del sistema de salud			Monitoreo de desastres			Cobertura móvil			Líneas de vida para evacuación y abast.			Planificación urbana		
Servicios básicos	0.50	1.00	1.50	1.50	2.00	2.50	0.97	1.26	1.61	1.59	2.11	2.62	0.50	0.76	1.14	0.63	0.87	1.26
Infraestructura del sistema de salud	0.40	0.50	0.67	0.50	1.00	1.50	0.79	1.14	1.59	0.63	1.14	1.65	0.79	1.04	1.44	0.72	0.96	1.36
Monitoreo de desastres	0.62	0.79	1.04	0.63	0.87	1.26	0.50	1.00	1.50	1.14	1.65	2.15	0.38	0.54	0.72	0.43	0.63	0.87
Cobertura móvil	0.38	0.47	0.63	0.61	0.87	1.59	0.46	0.61	0.87	0.50	1.00	1.50	0.50	0.67	1.00	0.40	0.50	0.67
Líneas de vida para evacuación y abast.	0.87	1.31	2.00	0.69	0.97	1.26	1.39	1.84	2.62	1.00	1.50	2.00	0.50	1.00	1.50	0.50	0.87	1.31
Planificación urbana	0.79	1.14	1.59	0.74	1.04	1.39	1.14	1.59	2.32	1.50	2.00	2.50	0.76	1.14	2.00	0.50	1.00	1.50

Fuente: Elaborado a partir de las matrices multicriterio individuales

La matriz normalizada, considerando  $Cf_{CRIPS} = \frac{4m+l+u}{6}$  de los valores correspondientes a las medias geométricas de los expertos es la siguiente:

Tabla 6.46 Datos normalizados de expertos en análisis de la dimensión infraestructura

	Servicios básicos	Infraestructura del sistema de salud	Monitoreo de desastres	Cobertura móvil	Líneas de vida para evac. y abast.	Planifi. urbana	Suma	Vector Prior.
Servicios básicos	1.000	2.000	1.269	2.107	0.783	0.897	8.056	<b>0.205</b>
Infraestructura del sistema de salud	0.511	1.000	1.160	1.143	1.063	0.987	5.865	<b>0.149</b>
Monitoreo de desastres	0.805	0.897	1.000	1.651	0.546	0.637	5.536	<b>0.141</b>
Cobertura móvil	0.485	0.948	0.627	1.000	0.694	0.511	4.265	<b>0.108</b>
Líneas de vida para evac. y abast.	1.353	0.969	1.896	1.500	1.000	0.884	7.602	<b>0.193</b>
Planificación urbana	1.160	1.047	1.636	2.000	1.224	1.000	8.067	<b>0.205</b>
	<b>5.314</b>	<b>6.862</b>	<b>7.588</b>	<b>9.401</b>	<b>5.310</b>	<b>4.917</b>	<b>39.391</b>	

Fuente: Elaborado a partir de las matrices multicriterio individuales

Donde  $\lambda_{max} = 6.224$

$CI = 0.0449$

$RC = \frac{CI}{RI} = 0.032$

Como  $0.032 \leq 0.1$  la matriz es consistente

El método de análisis extendido de Saaty y los principios de comparación de los números difusos se emplean para obtener estimaciones de los vectores de peso para los niveles individuales de una jerarquía (Chang D.-Y. , 1996). Sobre la base de los valores difusos de la Tabla 6.46, aplicando el método de extensión, se obtienen valores sintéticos difusos, así:

$$\sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^6 Cf_{g_i}^j = (0.500, 1.000, 1.500) + (1.500, 2.000, 2.500) + \dots + (0.500 + 1.00 + 1.500)$$

$$\sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^6 Cf_{gi}^j = (26.473, 38.812, 54.627)$$

$$\left[ \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^6 Cf_{gi}^j \right]^{-1} = (0.018, 0.026, 0.038)$$

$$\sum_{j=1}^6 Cf_{gi}^j = (0.500, 1.000, 1.500) + (1.500, 2.000, 2.500) + \dots + (0.630, 0.874, 1.260)$$

$$\sum_{j=1}^6 Cf_{gi}^j = (5.683, 8.005, 10.635)$$

$$Cf1 = \sum_{j=1}^6 Cf_{gi}^j * \left[ \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^6 Cf_{gi}^j \right]^{-1} = (0.104, 0.206, 0.402)$$

Similar procedimiento con los demás criterios, obteniéndose los siguientes valores:

Tabla 6.47 Vectores difusos sintéticos de expertos en la dimensión infraestructura

Criterios	l	m	u
<b>Cf1</b>	0.104	0.206	0.402
<b>Cf2</b>	0.070	0.149	0.310
<b>Cf3</b>	0.068	0.141	0.285
<b>Cf4</b>	0.052	0.106	0.236
<b>Cf5</b>	0.091	0.193	0.404
<b>Cf6</b>	0.100	0.204	0.427

A continuación se calculan, en base de comparación, los vectores de ponderación del nivel de valor de la jerarquía, considerando el grado de posibilidad de que  $Cf_2 \geq Cf$  que se define como:

$$Cf(Cf_2 \geq Cf_1) = \sup_{y \geq x} [\min(\mu_{Cf_1}(x), \mu_{Cf_2}(y))]$$

Donde esto es un par  $(x, y)$  de modo que  $y \geq x$  y  $\mu_{Cf_1}(x) = \mu_{Cf_2}(y)$  y  $Cf(Cf_2 \geq Cf_1) = 1$ . Mientras  $Cf_1 = (l_1, m_1, u_1)$  y  $Cf_2 = (l_2, m_2, u_2)$  números difusos convexos, entonces:

$$Cf(Cf_2 \geq Cf_1) = hgt(Cf1 \cap Cf2) = \mu_{Cf_2}(d) = f(x)$$

$$= \begin{cases} 1, & \text{Si } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{Si } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{otro} \end{cases}$$

Se tiene:

Cf(Cf1>Cf2)	1.000	Cf(Cf2>Cf1)	0.783	Cf(Cf3>Cf1)	0.736
Cf(Cf1>Cf3)	1.000	Cf(Cf2>Cf3)	1.000	Cf(Cf3>Cf2)	0.966
Cf(Cf1>Cf4)	1.000	Cf(Cf2>Cf4)	1.000	Cf(Cf3>Cf4)	1.000
Cf(Cf1>Cf5)	1.000	Cf(Cf2>Cf5)	0.833	Cf(Cf3>Cf5)	0.790
Cf(Cf1>Cf6)	1.000	Cf(Cf2>Cf6)	0.793	Cf(Cf3>Cf6)	0.748
Cf(Cf4>Cf1)	0.569	Cf(Cf5>Cf1)	0.958	Cf(Cf6>Cf1)	0.993
Cf(Cf4>Cf2)	0.795	Cf(Cf5>Cf2)	1.000	Cf(Cf6>Cf2)	1.000
Cf(Cf4>Cf3)	0.827	Cf(Cf5>Cf3)	1.000	Cf(Cf6>Cf3)	1.000
Cf(Cf4>Cf5)	0.626	Cf(Cf5>Cf4)	1.000	Cf(Cf6>Cf4)	1.000
Cf(Cf4>Cf6)	0.583	Cf(Cf5>Cf6)	0.965	Cf(Cf6>Cf5)	1.000

El grado de posibilidad de que un número difuso convexo sea mayor que  $k$  números convexos se define como:  $Cf(Cf \geq Cf_1, Cf_2, \dots, k) = Cf[(Cf \geq Cf_1) \text{ y } (Cf \geq Cf_2) \text{ y } \dots \text{ y } (Cf \geq Cf_k)] = \min Cf(Cf \geq Cf_i) = 1, 2, 3, \dots, k$

Entonces, suponiendo que:

$$d'(A_i) = \min Cf(S_i \geq S_k)$$

Para  $k = 1, 2, 3, \dots, n; k \neq i$ .

El peso del vector es:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T$$

$$d(Cf_1) = \min\{1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000\} = 1.000$$

$$d(Cf_2) = \min\{0.783, 1.000, 1.000, 0.833, 0.793\} = 0.783$$

$$d(Cf_3) = \min\{0.736, 0.966, 1.000, 0.790, 0.748\} = 0.736$$

$$d(Cf_4) = \min\{0.569, 0.795, 0.827, 0.626, 0.583\} = 0.569$$

$$d(Cf_5) = \min\{0.958, 1.000, 1.000, 1.000, 0.965\} = 0.958$$

$$d(Cf_6) = \min\{0.993, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000\} = 0.993$$

Donde:

$$W' = (d(Cf_1), d(Cf_2), d(Cf_3), d(Cf_4), d(Cf_5), d(Cf_6))^T$$

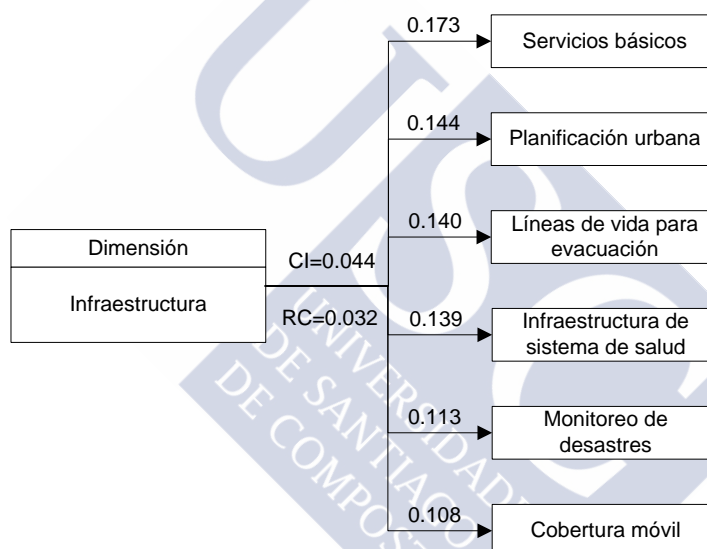
$$W' = (1.000, 0.783, 0.736, 0.569, 0.958, 0.993)$$

Normalizando, el vector de pesos queda:

$$G(W_{cf1}, W_{cf2}, W_{cf3}, W_{cf4}, W_{cf5}, W_{cf6})$$

$$= (0.198, 0.155, 0.146, 0.113, 0.190, 0.197)$$

Es decir, la jerarquización ponderada de los juicios para evaluar los criterios relacionados con la resiliencia es la siguiente:



Gráfica 6.9 Estructura ponderada de la dimensión infraestructura  
Fuente: Elaborado a partir de análisis multicriterio difuso

### 6.5.8 Dimensión ecológica

El análisis jerárquico multicriterio difuso para la dimensión ecológica considera dos criterios y tres expertos. Sus respuestas son tratadas a través de matrices difusas y, debido al número de criterios tratados, las matrices se consideran consistentes,. Haciendo uso de la media geométrica, los datos de las matrices son tratados, obteniéndose una matriz síntesis con la cual se desarrollará el proceso de ponderación y jerarquización.

Tabla 6.48 Datos obtenidos de expertos en la dimensión ecológica (media geométrica)

Criterios	Riesgo de amenaza natural			Biodiversidad ecológica.		
<b>Riesgo de amenaza natural</b>	0.50	1.00	1.50	2.32	2.82	3.32
<b>Biodiversidad ecológica.</b>	0.30	0.35	0.43	0.50	1.00	1.50

Fuente: Elaborado a partir de las matrices multicriterio individuales

El método de análisis extendido de Saaty y los principios de comparación de los números difusos se emplean para obtener estimaciones de los vectores de peso para los niveles individuales de una jerarquía (Chang D.-Y. , 1996). Sobre la base de los valores difusos de la Tabla 6.48, aplicando el método de extensión, se obtienen valores sintéticos difusos, así:

$$\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 Ch_{gi}^j = (0.500, 1.000, 1.500) + (2.321, 2.823, 3.325) + \dots \\ + (0.500 + 1.000 + 1.500)$$

$$\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 Ch_{gi}^j = (3.622, 5.177, 6.756)$$

$$\left[ \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 Ch_{gi}^j \right]^{-1} = (0.148, 0.193, 0.276)$$

$$\sum_{j=1}^2 Ch_{gi}^j = (0.50, 1.00, 1.50) + 2.321, 2.823, 3.325)$$

$$\sum_{j=1}^2 Ch_{gi}^j = (2.821, 3.823, 4.845)$$

$$Ch1 = \sum_{j=1}^2 Ch_{gi}^j * \left[ \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 Ch_{gi}^j \right]^{-1} = (0.418, 0.738, 1.332)$$

Similar procedimiento con los demás criterios, obteniéndose los siguientes valores:

Tabla 6.49 Vectores difusos sintéticos de expertos en la dimensión ecológica

Criterios	<b>l</b>	<b>m</b>	<b>u</b>
<b>Ch1</b>	0.418	0.738	1.332
<b>Ch2</b>	0.119	0.262	0.533

A continuación se calculan, en base de comparación, los vectores de ponderación del nivel de valor de la jerarquía, considerando el grado de posibilidad de que  $Ch_2 \geq Ch_1$  que se define como:

$$Ch (Ch_2 \geq Ch_1) = \sup_{y \geq x} [\min(\mu_{Ch_1}(x), \mu_{Ch_2}(y))]$$

Donde esto es un par  $(x, y)$  de modo que  $y \geq x$  y  $\mu_{Ch_1}(x) = \mu_{Ch_2}(y)$  y  $Ch(Ch_2 \geq Ch_1) = 1$ . Mientras  $Ch_1 = (l_1, m_1, u_1)$  y  $Ch_2 = (l_2, m_2, u_2)$  números difusos convexos, entonces:

$$Ch(Ch_2 \geq Ch_1) = hgt(Ch_1 \cap Ch_2) = \mu_{Ch_2}(d) = f(x)$$

$$= \begin{cases} 1, & \text{Sí } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{Sí } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{otro} \end{cases}$$

Se tiene:

$$Ch(Ch_1 > Ch_2) \quad 1.000 \quad Ch(Ch_2 > Ch_1) \quad 0.195$$

El grado de posibilidad de que un número difuso convexo sea mayor que  $k$  números convexos se define como:  $Ch(Ch \geq Ch_1, Ch_2, \dots, k) = Ch[(Ch \geq Ch_1) \text{ y } (Ch \geq Ch_2) \text{ y } \dots \text{ y } (Ch \geq Ch_k)] = \min Ch(Ch \geq Ch_i) = 1, 2, 3, \dots, k$

Entonces, suponiendo que:

$$d'(A_i) = \min Ch(S_i \geq S_k)$$

Para  $k = 1, 2, 3, \dots, n; k \neq i$ .

El peso del vector es:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T$$

$$d(Cb_1) = \min\{1.000\} = 1.000$$

$$d(Cb_2) = \min\{0.195\} = 0.195$$

Donde:

$$W' = (d(Cb_1), d(Cb_2))^T$$

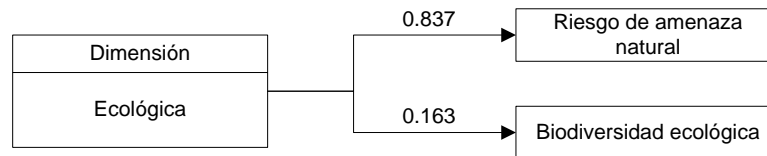
$$W' = (1.000, 0.195)$$

Normalizando, el vector de pesos queda:

$$G(W_{Ch_1}, W_{Ch_2})$$

$$= (0.837, 0.163)$$

Es decir, la jerarquización ponderada de los juicios para evaluar los criterios relacionados con la resiliencia es la siguiente:



Gráfica 6.10 Estructura ponderada de la dimensión ecológica  
Fuente: Elaborado a partir de las matrices multicriterio individuales

### 6.5.9 Dimensión experiencial

El análisis jerárquico multicriterio difuso para la dimensión experiencial considera siete criterios y tres expertos. Sus respuestas son tratadas a través de matrices difusas y su robustez es verificada a través de la razón de consistencia. En resumen, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 6.50 Resumen de consistencia de matrices de expertos en la dimensión experiencial

Ord.	Nombre del experto	Criterios de evaluación	CI	RI	Observación
1	Experto I	7	0.070	0.053	Matriz consistente
2	Experto II	7	0.055	0.042	Matriz consistente
3	Experto III	7	0.086	0.065	Matriz consistente

Fuente: Elaborado a partir de las matrices multicriterio individuales

Haciendo uso de la media geométrica, los datos de las matrices son tratados, obteniéndose una matriz síntesis con la cual se desarrolla el proceso de ponderación y jerarquización.



Tabla 6.51 *Datos obtenidos de expertos en análisis de la dimensión experiencial (media geométrica)*

	Percepción sobre capacitación en desastres.			Percepción del riesgo.			Seguridad frente a desastres			Percepción de experiencia en desastres.			Identificación con el sistema de gestión del riesgos			Expectativas económicas			Afectación a la salud		
Percepción sobre capacitación en desastres.	0.500	1.000	1.500	0.630	1.000	1.442	1.040	1.587	2.109	0.621	0.794	1.036	0.721	1.260	1.778	0.721	0.961	1.357	1.145	1.710	2.241
Percepción del riesgo.	0.693	1.000	1.587	0.500	1.000	1.500	1.500	2.000	2.500	0.794	1.310	1.817	0.500	0.874	1.310	1.000	1.500	2.000	1.651	2.154	2.657
Seguridad frente a desastres	0.474	0.630	0.961	0.400	0.500	0.667	0.500	1.000	1.500	0.354	0.431	0.550	0.437	0.562	0.794	0.464	0.794	1.145	1.000	1.500	2.000
Percepción de experiencia en desastres.	0.965	1.260	1.609	0.550	0.763	1.260	1.817	2.321	2.823	0.500	1.000	1.500	0.500	1.000	1.500	1.817	2.321	2.823	2.109	2.621	3.129
Identificación con el sistema de gestión del riesgos	0.562	0.794	1.387	0.763	1.145	2.000	1.260	1.778	2.289	0.667	1.000	2.000	0.500	1.000	1.500	1.500	2.000	2.500	1.817	2.321	2.823
Expectativas económicas	0.737	1.040	1.387	0.500	0.667	1.000	0.874	1.260	2.154	0.354	0.431	0.550	0.400	0.500	0.667	0.500	1.000	1.500	0.500	1.000	1.500
Afectación a la salud	0.446	0.585	0.874	0.376	0.464	0.606	0.500	0.667	1.000	0.320	0.382	0.474	0.354	0.431	0.550	0.667	1.000	2.000	0.500	1.000	1.500

Fuente: Elaborado a partir de las matrices multicriterio individuales

La matriz normalizada, considerando  $Cn_{CRIPS} = \frac{4m+l+u}{6}$  de los valores correspondientes a las medias geométricas de los expertos es la siguiente:

Tabla 6.52 Datos normalizados de expertos en análisis de la dimensión experiencial

	Percepción sobre capacitación en desastres.	Percepción del riesgo.	Seguridad frente a desastres	Percepción de experiencia en desastres.	Identificación con el sistema de gestión del riesgos	Expectativas económicas	Afectación a la salud	Suma	Vector Prior.
Percepción sobre capacitación en desastres.	1.000	1.012	1.583	0.805	1.257	0.987	1.704	8.349	0.149
Percepción del riesgo.	1.047	1.000	2.000	1.309	0.884	1.500	2.154	9.894	0.176
Seguridad frente a desastres	0.659	0.511	1.000	0.438	0.580	0.797	1.500	5.486	0.098
Percepción de experiencia en desastres.	1.269	0.810	2.321	1.000	1.000	2.321	2.620	11.341	0.202
Identificación con el sistema de gestión del riesgos	0.854	1.224	1.777	1.111	1.000	2.000	2.321	10.287	0.183
Expectativas económicas	1.047	0.694	1.345	0.438	0.511	1.000	1.000	6.035	0.108
Afectación a la salud	0.610	0.473	0.694	0.387	0.438	1.111	1.000	4.713	0.084
	6.486	5.725	10.720	5.488	5.670	9.716	12.299	56.104	

Fuente: Elaborado a partir de las matrices multicriterio individuales

Donde  $\lambda_{max} = 7.250$

$CI = 0.0417$

$RC = \frac{CI}{RI} = 0.032$

Como  $0.051 \leq 0.1$  la matriz es consistente

El método de análisis extendido de Saaty y los principios de comparación de los números difusos se emplean para obtener estimaciones de los vectores de peso para los niveles individuales de una jerarquía (Chang D.-Y. , 1996). Sobre la base de los valores difusos de la Tabla 6.52, aplicando el método de extensión, se obtienen valores sintéticos difusos, así:

$$\sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^7 Cn_{gi}^j = (0.500, 1.000, 1.500) + (0.630, 1.000, 1.442) + \dots + (0.500 + 1.000 + 1.500)$$

$$\sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^7 Cn_{gi}^j = (38.001, 55.316, 77.357)$$

$$\left[ \sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^7 Cn_{gi}^j \right]^{-1} = (0.013, 0.018, 0.026)$$

$$\sum_{j=1}^7 Cn_{gi}^j = (0.500, 1.000, 1.500) + (0.630, 1.000, 1.442) + \dots + (1.145, 1.710, 2.241)$$

$$\sum_{j=1}^7 Cn_{gi}^j = (5.378, 8.312, 11.463)$$

$$Cn1 = \sum_{j=1}^7 Cn_{gi}^j * \left[ \sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^7 Cn_{gi}^j \right]^{-1} = (0.070, 0.150, 0.302)$$

Similar procedimiento con los demás criterios, obteniéndose los siguientes valores:

Tabla 6.53 *Vectores difusos sintéticos de expertos en la dimensión experiencial*

Criterios	l	m	u
<b>Cn1</b>	0.070	0.150	0.302
<b>Cn2</b>	0.086	0.178	0.352
<b>Cn3</b>	0.047	0.098	0.200
<b>Cn4</b>	0.107	0.204	0.385
<b>Cn5</b>	0.091	0.181	0.382
<b>Cn6</b>	0.050	0.107	0.230
<b>Cn7</b>	0.041	0.082	0.184

A continuación se calculan, en base de comparación, los vectores de ponderación del nivel de valor de la jerarquía, considerando el grado de posibilidad de que  $Cn_2 \geq Cn$  que se define como:

$$Cn(Cn_2 \geq Cn_1) = \sup_{y \geq x} [\min(\mu_{Cn_1}(x), \mu_{Cn_2}(y))]$$

Donde esto es un par  $(x, y)$  de modo que  $y \geq x$  y  $\mu_{Cn_1}(x) = \mu_{Cn_2}(y)$  y  $Cn(Cn_2 \geq Cn_1) = 1$ . Mientras  $Cn_1 = (l_1, m_1, u_1)$  y  $Cn_2 = (l_2, m_2, u_2)$  números difusos convexos, entonces:

$$Cn(Cn_2 \geq Cn_1) = hgt(Cn_1 \cap Cn_2) = \mu_{Cn_2}(d) = f(x)$$

$$= \begin{cases} 1, & \text{Si } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{Si } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{otro} \end{cases}$$

Se tiene:

Cn(Cn1>Cn2) 0.887	Cn(Cn2>Cn1) 1.000	Cn(Cn3>Cn1) 0.714
Cn(Cn1>Cn3) 1.000	Cn(Cn2>Cn3) 1.000	Cn(Cn3>Cn2) 0.589
Cn(Cn1>Cn4) 0.784	Cn(Cn2>Cn4) 0.904	Cn(Cn3>Cn4) 0.469
Cn(Cn1>Cn5) 0.871	Cn(Cn2>Cn5) 0.986	Cn(Cn3>Cn5) 0.566
Cn(Cn1>Cn6) 1.000	Cn(Cn2>Cn6) 1.000	Cn(Cn3>Cn6) 0.945
Cn(Cn1>Cn7) 1.000	Cn(Cn2>Cn7) 1.000	Cn(Cn3>Cn7) 1.000
Cn(Cn4>Cn1) 1.000	Cn(Cn5>Cn1) 1.000	Cn(Cn6>Cn1) 0.787
Cn(Cn4>Cn2) 1.000	Cn(Cn5>Cn2) 1.000	Cn(Cn6>Cn2) 0.670
Cn(Cn4>Cn3) 1.000	Cn(Cn5>Cn3) 1.000	Cn(Cn6>Cn3) 1.000
Cn(Cn4>Cn5) 1.000	Cn(Cn5>Cn4) 0.924	Cn(Cn6>Cn4) 0.559
Cn(Cn4>Cn6) 1.000	Cn(Cn5>Cn6) 1.000	Cn(Cn6>Cn5) 0.650
Cn(Cn4>Cn7) 1.000	Cn(Cn5>Cn7) 1.000	Cn(Cn6>Cn7) 1.000
Cn(Cn7>Cn1) 0.627		
Cn(Cn7>Cn2) 0.506		
Cn(Cn7>Cn3) 0.895		
Cn(Cn7>Cn4) 0.388		
Cn(Cn7>Cn5) 0.483		
Cn(Cn7>Cn6) 0.844		

El grado de posibilidad de que un número difuso convexo sea mayor que  $k$  números convexos se define como:  $Cn(Cn \geq Cn_1, Cn_2, \dots, k) = Cn[(Cn \geq Cn_1) \text{ y } (Cn \geq Cn_2) \text{ y } \dots \text{ y } (Cn \geq Cn_k)] = \min Cn(Cn \geq Cn_i) = 1, 2, 3, \dots, k$

Entonces, suponiendo que:

$$d'(A_i) = \min Cn(S_i \geq S_k)$$

Para  $k = 1, 2, 3, \dots, n; k \neq i$ .

El peso del vector es:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T$$

$$d(Cn_1) = \min\{0.887, 1.000, 0.784, 0.871, 1.000, 1.000\} = 0.784$$

$$d(Cn_2) = \min\{1.000, 1.000, 0.904, 0.986, 1.000, 1.000\} = 0.904$$

$$d(Cn_3) = \min\{0.714, 0.589, 0.469, 0.566, 0.945, 1.000\} = 0.469$$

$$d(Cn_4) = \min\{1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000, 1.000\} = 1.000$$

$$d(Cn_5) = \min\{1.000, 1.000, 1.000, 0.924, 1.000, 1.000\} = 0.924$$

$$d(Cn_6) = \min\{0.787, 0.670, 1.000, 0.559, 0.650, 1.000\} = 0.559$$

$$d(Cn_7) = \min\{0.627, 0.506, 0.895, 0.388, 0.483, 0.844\} = 0.388$$

Donde:

$$W' = (d(Cn_1), d(Cn_2), d(Cn_3), d(Cn_4), d(Cn_5), d(Cn_6), d(Cn_7))^T$$

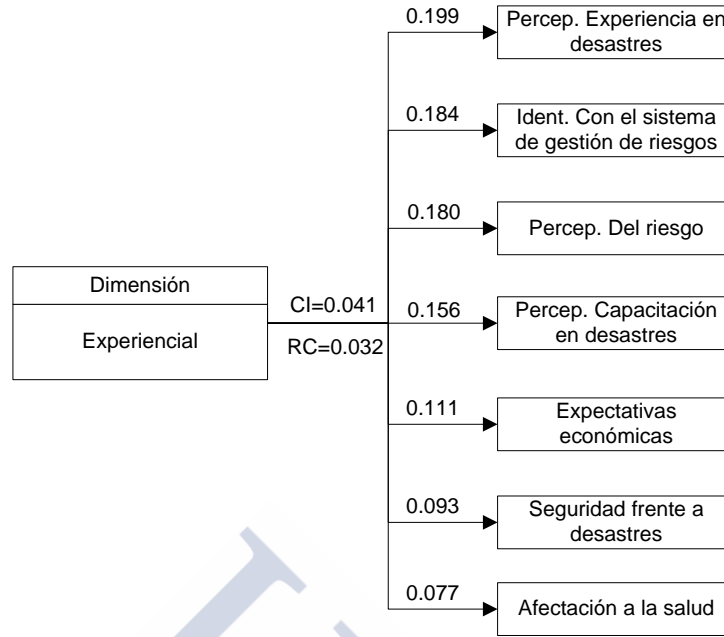
$$W' = (0.784, 0.904, 0.469, 1.000, 0.924, 0.559, 0.388)$$

Normalizando, el vector de pesos queda:

$$G(W_{Cn1}, W_{Cn2}, W_{Cn3}, W_{Cn4}, W_{Cn5}, W_{Cn6}, W_{Cn7})$$

$$= (0.156, 0.180, 0.093, 0.199, 0.184, 0.111, 0.077)$$

Es decir la jerarquización ponderada de los juicios para evaluar los criterios relacionados con la resiliencia es la siguiente:



Gráfica 6.11 Estructura ponderada de la dimensión experiencial  
Fuente: Elaborado a partir de análisis multicriterio difuso

## 6.6 AJUSTE ESTRUCTURAL DEL MODELO

Debido a que la estructura del modelo presenta, en cada una de las dimensiones, un número diferente de criterios, es necesario realizar un ajuste estructural (Moreno, 2002), el cual determinará las ponderaciones normalizadas que afectarán a las ponderaciones de los criterios determinados en cada una de las ocho dimensiones.

Siendo:

$m$  = número de dimensiones

$n$  = número de criterios por dimensión

$N$  = número total de criterios

$Wd$  = Ponderación de la dimensión por Fuzzy AHP

$Wk$  = Ponderación por número de criterios en cada dimensión

$W^*$  = Ponderación dimensional normalizada

$$Wk = \frac{n * Wd}{N} \quad (49)$$

$$W^* = \frac{Wk}{\sum_{i=1}^m Wk} \quad (50)$$

Siguiendo las fórmulas para  $W_k$  y  $W^*$ , se tiene el ajuste estructural que consta en la Tabla 6.54:

Tabla 6.54 *Ajuste estructural del modelo de decisión multicriterio*

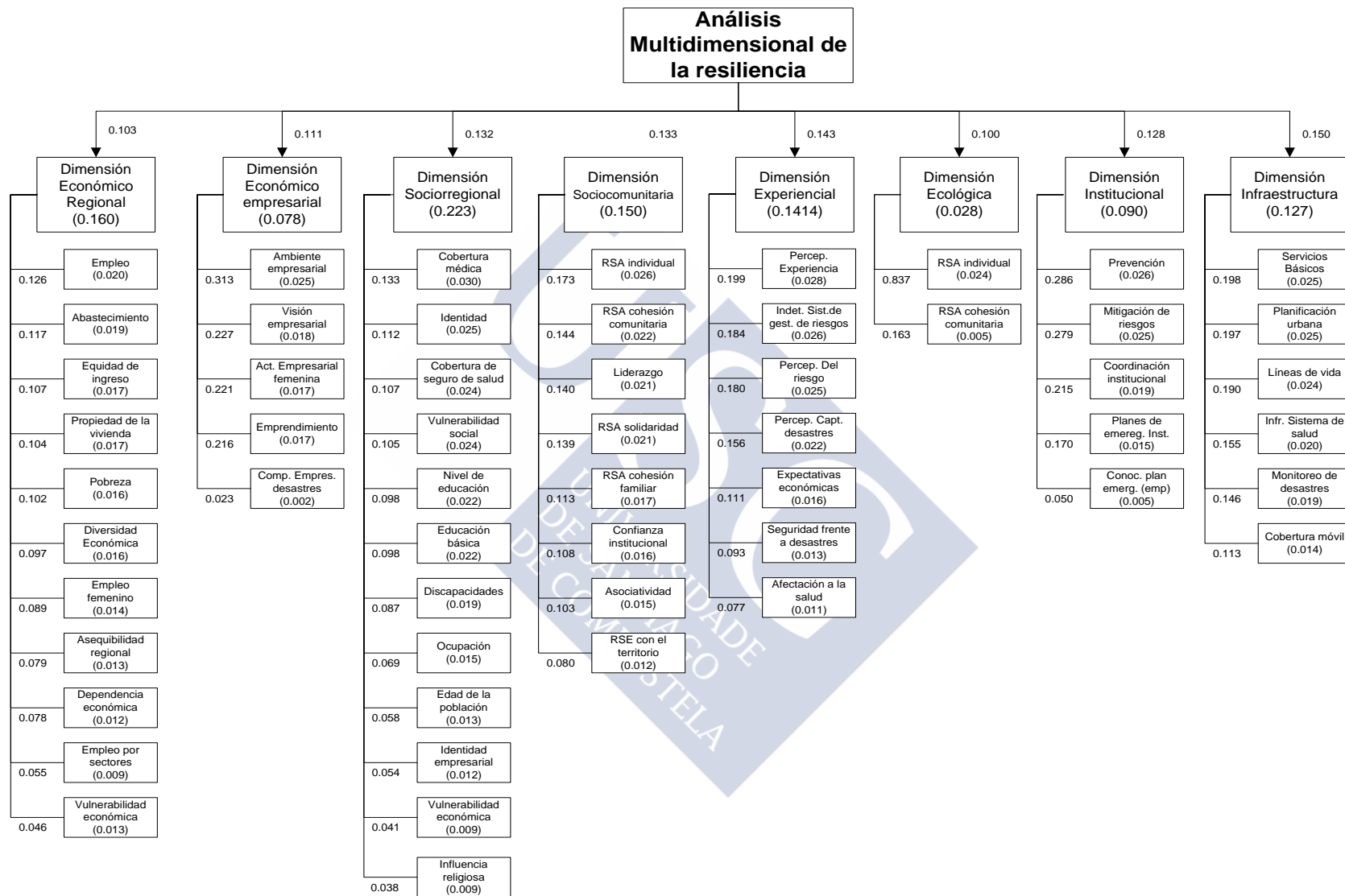
Dimensión k	n	Wd	Ajuste estructural de prioridades	
			Wk	W*
Económico-regional	11	0.1030	0.0202	<b>0.1601</b>
Económico-empresarial	5	0.1110	0.0099	<b>0.0784</b>
Sociorregional	12	0.1320	0.0283	<b>0.2238</b>
Sociocomunitaria	8	0.1330	0.0190	<b>0.1503</b>
Experiencial	7	0.1430	0.0179	<b>0.1414</b>
Ecológica	2	0.1000	0.0036	<b>0.0283</b>
Institucional	5	0.1280	0.0114	<b>0.0904</b>
Infraestructura	6	0.1500	0.0161	<b>0.1272</b>
<b>Total suma:</b>	N=56	1.0000	0.1264	1.0000

Donde el vector  $W^*$  es el vector de ponderación para los criterios de cada dimensión, así:

$$W_k^* = (W_1^*, W_2^*, W_3^*, W_4^*, W_5^*, W_6^*, W_7^*, W_8^*) \quad (51)$$

El modelo tendrá la siguiente estructura:





**Gráfica 6.12** Modelo de análisis multidimensional de la resiliencia  
Fuente: Elaborado apartir de matrices multicriterio unidimensionales



### **PARTE III. ESTUDIO EMPÍRICO**





## CAPÍTULO VII.- RESILIENCIA EN BAÑOS DE AGUA SANTA – ECUADOR

### 7.1 Introducción

¿Cuáles son las cualidades y características que permiten a un territorio/región sobreponerse e incluso prosperar luego del impacto de un desastre de origen natural? Evidentemente, no todas las comunidades responden de la misma forma frente a la adversidad, la diversidad de respuestas van desde casos exitosos al colapso completo de sociedades. Existen países con mayor riesgo de desastres en el mundo, territorios que debido a su ubicación geográfica y a sus condiciones geomorfológicas están más expuestos a desastres de origen natural y que coinciden con una sociedad vulnerable. Dentro de este contexto, el *Word Risk Index*<sup>59</sup> ha identificado que los países con alto o muy alto riesgo se encuentran cerca de la línea ecuatorial.

El riesgo para que un evento natural se convierta en desastre no solo depende de la intensidad que este tenga, sino de las condiciones de vida de la población en las regiones afectadas. La capacidad de respuesta inmediata y la forma en que estas sociedades asimilan el suceso y se adaptan a los nuevos escenarios son determinantes en su futuro. Cambios evolutivos, homeostasis o cambios disfuncionales son las posibles respuestas de las regiones al evento natural inesperado (Constantino y Dávila, 2011), pero ¿qué hace la diferencia para que una sociedad opte por uno u otro camino?

Si bien la resiliencia como un proceso de los SAC facilita la comprensión del comportamiento dinámico de las regiones donde las fases de liberación y reorganización del modelo panárquico focalizan la evolución, el desarrollo o el colapso del sistema, es necesario identificar los módulos básicos que permiten estos hechos. Durante el desarrollo de esta investigación se ha llegado al consenso de establecer ocho módulos esenciales que explican la resiliencia en los SAC, cuando el fenómeno de estudio son los eventos naturales en afectación directa sobre una zona geográfica y las comunidades que en ellas habitan.

Un modelo teórico para el análisis multidimensional de la resiliencia exige validaciones empíricas que permitan evaluar su capacidad operativa y de contraste. El caso de Ecuador y, de manera específica, la ciudad de Baños de Agua Santa ofrece una posibilidad en la que se evidencian procesos de recomposición social y económica frente a un fenómeno destructivo continuo, que por más de dieciséis años ha afectado a la región. Así, la erupción del volcán Tungurahua iniciada a finales de 1999 y la respuesta de los habitantes afectados, a los que que la Organización de Naciones Unidas en 2014 reconocería como “resilientes”, son una excusa científica válida para buscar en ellos elementos diferenciadores que sirvan de base para la gestión adaptativa del riesgo. De esta manera, el objetivo de este capítulo se centra en realizar una descripción del caso empírico propuesto y establecer las analogías teóricas de este con el modelo heurístico de panarquía.

---

<sup>59</sup> El *Word Risk Report* (<http://www.worldriskreport.org/>) es una publicación de Bündnis Entwicklung Hilft - Gemeinsam für Menschen in Not e.V. y la United Nations University – Institute for Environment and Human Security (UNU-EHS, 2016).

## 7.2 Riesgos y vulnerabilidad en Ecuador

En la historia del Ecuador se registra una serie de catástrofes naturales cuya destrucción generó desequilibrios en los sistemas sociales, económicos y ecológicos (Demoraes & D'Ercole, 2001). Las características geodemográficas del país lo hacen especialmente vulnerable, con alto riesgo de sufrir pérdidas económicas y humanas. Para Demoraes y D'Ercole (2001), el país reúne una serie de características que condicionan el advenimiento de las amenazas naturales. Así, se tienen precipitaciones pluviométricas intensas, sucesión de estaciones secas y lluviosas, desniveles importantes de más de 5000 *msnm* y en algunos casos en cortas distancias, vertientes empinadas y de gran extensión, formaciones geológicas sensibles a la erosión, planicies pluviales con pendientes débiles, fallas geológicas de considerable importancia como la zona de subducción de la placa de Nazca con la placa Sudamericana, etc. De acuerdo a la base de datos EM-DAT (*Emergency Events Database*) del *Centre de Recherches sur l'Épidémiologie des Désastres* de la Universidad de Lovaina (CRED, 2016), en Ecuador desde 1900 se registran las siguientes catástrofes, consideradas relevantes:

Tabla 7.1 *Impacto de desastres en Ecuador desde 1900 hasta 2016*

Tipo de desastre	Fecha	Muertes	Total de afectados	Daño económico (en miles de USD)
Terremoto	05/08/1949	6000	s/d	20000
Sequía	mar-64	s/d	600000	s/d
Inundación	08/04/1970	s/d	140500	s/d
Inundación	nov-82	307	700000	232100
Inundación	04/08/1983	s/d	200000	
Terremoto	05/03/1987	500	150000	1500000
Inundación	jun-89	s/d	s/d	15000
Inundación	24/03/1992	s/d	205000	20000
Deslizamiento	28/03/1993	200	s/d	s/d
Deslizamiento	09/05/1993	250	s/d	500000
Inundación	oct-97	218	s/d	271000
Inundación	06/03/2002	s/d	s/d	13000
Act. Volcánica	14/07/2006	1	300013	150000
Inundación	30/01/2008	-	289122	1000000
Act. Volcánica	14/08/2015	-	800000	s/d
Act. Volcánica	17/11/2015	-	130042	s/d
Terremoto*	16/04/2016	668	1200000	3000000

*Nota:* s/d significa sin dato confirmado, \*los datos del terremoto han sido actualizados con las cifras oficiales del Ecuador y no coinciden con los de la base de datos EM-DAT.

Fuente: Elaboración a partir de la base de datos EM-DAT y datos oficiales del Gobierno del Ecuador.

Las pérdidas en vidas humanas, afectados y daños económicos son altas en comparación a la población y tamaño que tiene Ecuador y han sido una de las causas más relevantes que han generado fases de decrecimiento económico del país (D'Ercole & Trujillo, 2003). La variedad de eventos catastróficos ha tenido diferentes impactos, siendo los terremotos los que han generado las mayores pérdidas en vidas e infraestructura. El impacto de los desastres de origen natural no solo afecta a su zona de

influencia directa, sino que tiene consecuencias indirectas, debido a las alteraciones que se dan en los procesos productivos de toda índole. Así, por ejemplo, la destrucción de vías de comunicación altera los sistemas logísticos del país, por lo que es necesario realizar gastos e inversiones inmediatas para su recuperación, afectando a los presupuestos estatales.

Entre 1541 y el primer semestre de 2016, Ecuador ha sido afectado por terremotos cuya intensidad en la escala de Mercalli modificada ha superado el nivel VIII. Dos de ellos fueron de intensidad XI, destruyendo la provincia de Tungurahua y otro originado en Colombia que afectaría la zona norte del país (Demoraes & D'Ercole, 2001). Se identifican tres eventos de intensidad X: dos en Tungurahua y uno en la provincia de Imbabura. La zona litoral del país también ha registrado potentes terremotos y tsunamis. Se destacan así el de 1906 en la provincia de Esmeraldas y Manabí, el de 1998 en Bahía de Caráquez (Manabí) y el ocurrido durante el desarrollo de esta investigación en la ciudad de Pedernales (Manabí), con una intensidad de 7.8 en la escala de Richter y IX en nivel de afectación de la escala de Mercalli, dejando el 16 de abril de 2016 un total de 668 muertos y más de un millón de damnificados.

Otro de los fenómenos naturales que son de potencial riesgo en Ecuador son las inundaciones, debido a la topografía de la zona litoral y al fenómeno de El Niño que cíclicamente se presenta en el país. Así, en los últimos 30 años se pueden contabilizar cerca de 300 inundaciones que han afectando principalmente a las provincia de Guayas, Manabí y Los Ríos. La inundación ocurrida entre el año 1982 y 1983 destruyó 986100 hectáreas y causó la muerte a 600 personas. Este mismo fenómeno se repetiría entre 1997 y 1998 dejando afectadas 1652760 hectáreas y 286 personas fallecidas. La última gran inundación ocurrió en enero de 2008 dejando como saldo 34 víctimas mortales y 75000 hectáreas destruidas.

Los eventos volcánicos también son parte de los desastres de origen natural que presenta Ecuador. Demoraes y D'Ercole (2001) zonifican estos eventos en la sierra norte del país (Riobamba hasta Ibarra), el subandino oriental y las islas Galápagos. Entre el siglo XI y la actualidad, cinco volcanes han erupcionado más de quince veces: Cotopaxi, Tungurahua, Sangay, Reventador y La Cumbre en la Islas Galápagos. A pesar de que los efectos destructivos de las erupciones volcánicas son menores en relación a pérdida de vidas humanas, sus efectos a mediano plazo son significativos por la destrucción de cultivos, afectación pecuaria, destrucción de vías y alteración en la dinámica comercial de las poblaciones cercanas a los volcanes. En los casos de volcanes que mantienen glaciares, como el Cotopaxi, su poder destructivo se ve multiplicado exponencialmente, ya que los lahares son extremadamente destructivos y pueden afectar a poblaciones que se encuentran a cientos de kilómetros.

En relación a las vulnerabilidades identificadas en Ecuador, D'Ercole y Trujillo (2003) plantean un índice de vulnerabilidad para los diferentes cantones del Ecuador, considerando los siguientes factores: agua/saneamiento, salud, educación, pobreza y % del PEA agrícola. Identifican así dos zonas en el país en las que se presentan las condiciones menos favorables, la provincia de Esmeraldas y algunos cantones de las provincias de Loja, Cotopaxi, Chimborazo, Bolívar, Cañar y Los Ríos, siendo un elemento común en estas regiones la existencia de población indígena o afrodescendiente. En los cantones donde se encuentran las capitales de provincia, así como ciudades grandes, (población superior a 200000 habitantes) los índices de vulnerabilidad son más bajos. Dentro de este contexto, los autores citados identifican a la ciudad de Baños de Agua Santa con un nivel de amenaza muy alto, pero con



una vulnerabilidad relativamente baja debido a que la población en esta zona tiene mayor capacidad para adoptar medidas de prevención, de reducir las consecuencias de fenómenos detractores y de recuperarse después de su ocurrencia.

De acuerdo al *Word Risk Index* (2015), Ecuador se encuentra en el puesto 65 de 171 países con mayor riesgo frente a desastres (puesto 11 de 36 en América), con un nivel de exposición a estos del 16.15%, una falta de capacidad de respuesta del 73.97%, una vulnerabilidad del 46.07% y con un 38.82% de pérdida de capacidades de adaptación. En este reporte, la vulnerabilidad está relacionada con los factores sociales, físicos, económicos y ambientales que hacen a las personas o sistemas vulnerables a efectos de peligros de origen natural (UNU-EHS, 2016).

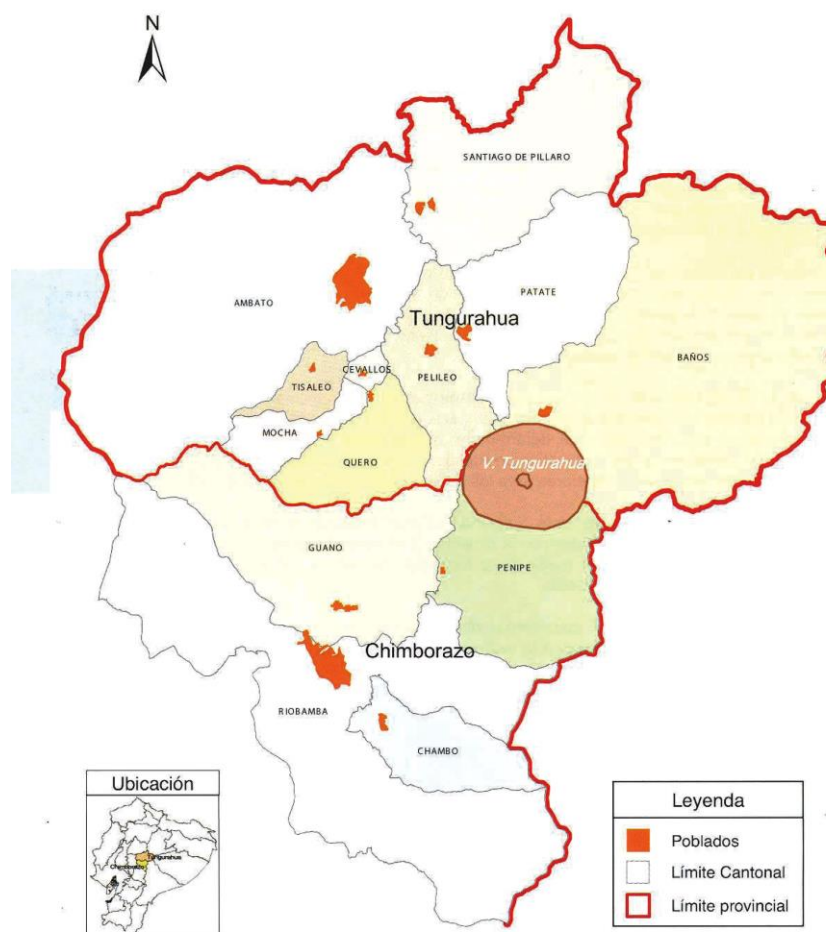
### **7.3 Baños de Agua Santa, contexto y características**

El Ecuador es un país que evidencia altos niveles de riesgo frente a desastres de origen natural. Durante las últimas décadas ha enfrentado catástrofes de gran magnitud. Sin embargo, ha tenido experiencias exitosas que han sido reconocidas a nivel mundial<sup>60</sup>, como es el caso de la ciudad de Baños de Agua Santa, que durante dieciséis años convive con el proceso eruptivo del volcán Tungurahua, con niveles variados de intensidad que han causado cambios físicos en su geografía y comportamentales en su población. Como respuesta de esta ciudad ante el desastre, se destaca su capacidad de aprendizaje, adaptabilidad, autoorganización y transformación, elementos que son parte fundamental de la resiliencia. El contexto y características de esta región permiten establecer el punto de partida para el análisis de las variables más relevantes que podrían explicar su resiliencia.

#### **7.3.1 Localización y sistemas ecológicos**

El cantón Baños se encuentra ubicado en los flancos externos de la cordillera oriental de los Andes, en las faldas del volcán Tungurahua, en Ecuador. Cubre una superficie de 1066 km<sup>2</sup> y su altitud fluctúa entre los 1176 m a los 4992 m (Figura 7.1). Constituye el 31.5% de la provincia de Tungurahua. La topografía del lugar se caracteriza por variadas fuentes hídricas que alimentan la cuenca del río Pastaza. La población del cantón es de 20018 habitantes de acuerdo al Censo de 2010, de los cuales el 64% se encuentra concentrada en el área urbana y el 35% en el área rural; el 54.9% se concentra en la cabecera cantonal, la ciudad de Baños de Agua Santa.

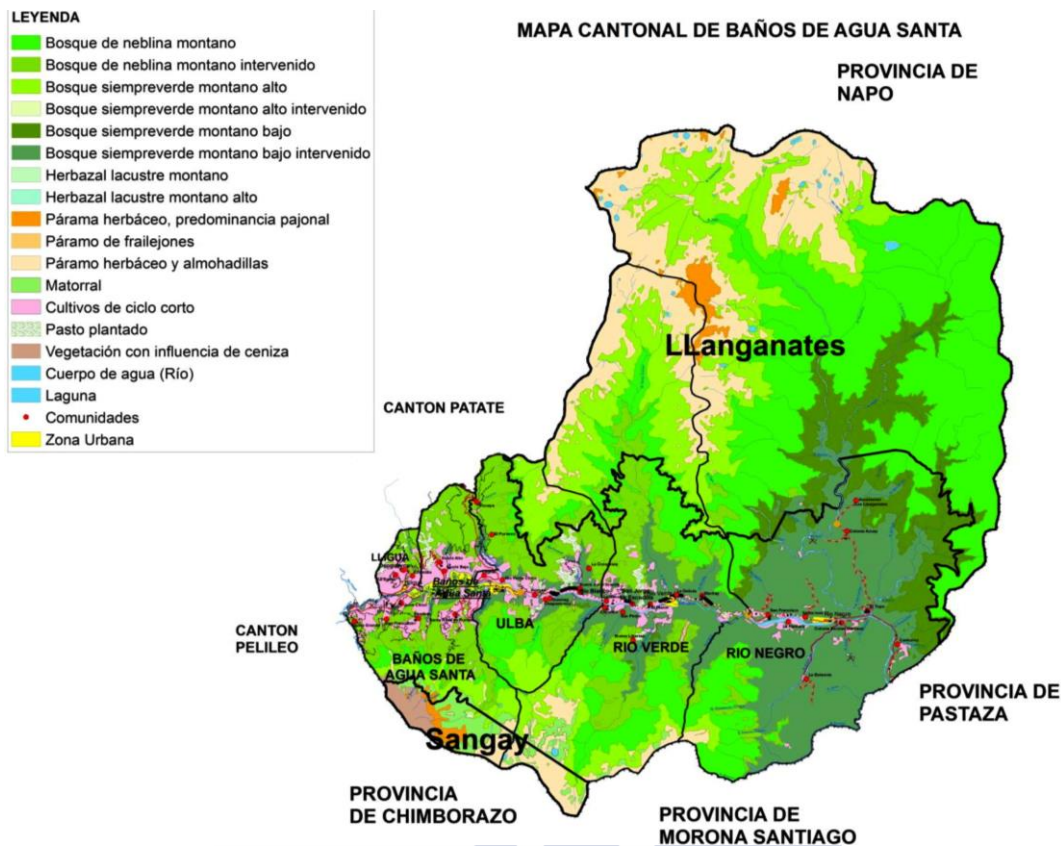
<sup>60</sup> Declaración de Baños en 2014 por parte de las Naciones Unidas como “Ciudad Resiliente”.



**Figura 7.1** Localización del cantón Baños de Agua Santa

Fuente: ETM-PDOT, cartografía base Instituto Geográfico Militar (GAD del cantón Baños de Agua Santa, 2015)

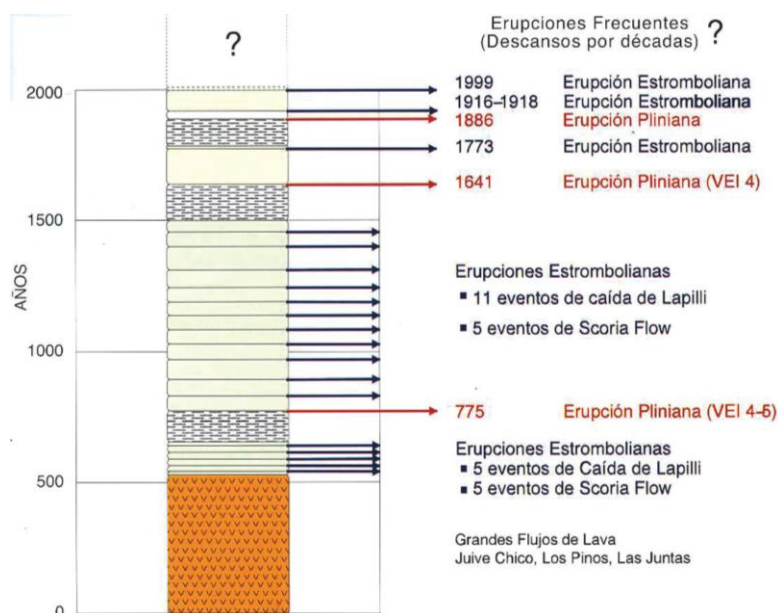
Se han identificado nueve ecosistemas de los 91 que tiene el Ecuador continental. Debido a su ubicación se caracteriza por presentar altas precipitaciones que superan los 4000 m<sup>3</sup> al año. Más del 50% del territorio se encuentra bajo prioridad de conservación territorial (2013) y el 26.52% de este ha sido clasificado como paisaje ecoturístico (GAD del cantón Baños de Agua Santa, 2015) (Figura 7.2).



*Figura 7.2 Ecosistemas del cantón Baños de Agua Santa*

Fuente: ETM-PDOT, cartografía base Instituto Geográfico Militar (GAD del cantón Baños de Agua Santa, 2015)

La localización geográfica del cantón ubica el 90% del territorio en una zona sísmica y volcánica de grado 3, siendo el nivel más alto de la clasificación presentada por D'Ercole y Trujillo (2003). Considerando los mapas de riesgo, la zona más afectada por lahares generados por una erupción volcánica del Tungurahua es el centro urbano del cantón. En la actualidad el volcán Tungurahua presenta un proceso eruptivo de tipo estromboliano, es decir, erupciones explosivas separadas por periodos de calma de extensión variable; sin embargo, se han detectado evidencia de erupciones plinianas, que se caracterizan por su alto grado de explosividad con expulsiones violentas de material volcánico. Estos procesos son cíclicos y pueden verse representados en la Gráfica 7.1.



Gráfica 7.1 Erupciones y periodos de reposo del volcán Tungurahua en los últimos 2000 años  
Fuente: Las erupciones explosivas del volcán Tungurahua de julio y agosto de 2006 (Aguilera y Dueñas, 2007)

Por la morfología del territorio y sus condiciones climáticas, el cantón se encuentra con más del 70% de alta susceptibilidad a movimientos de masa. Los factores de cambio climático tienen un impacto relevante, con un 16.37% del territorio en alto riesgo de afectación y un 83.53% en afectación media (GAD del cantón Baños de Agua Santa, 2015). Un detalle de los riesgos a los cuales está expuesto el cantón se puede evidenciar en la Figura 7.3. Es importante destacar que el volcán Tungurahua no es la única amenaza relevante de la región, sino también los altos niveles de sismicidad y potenciales movimientos de masa a los que está expuesto la mayor parte del territorio.

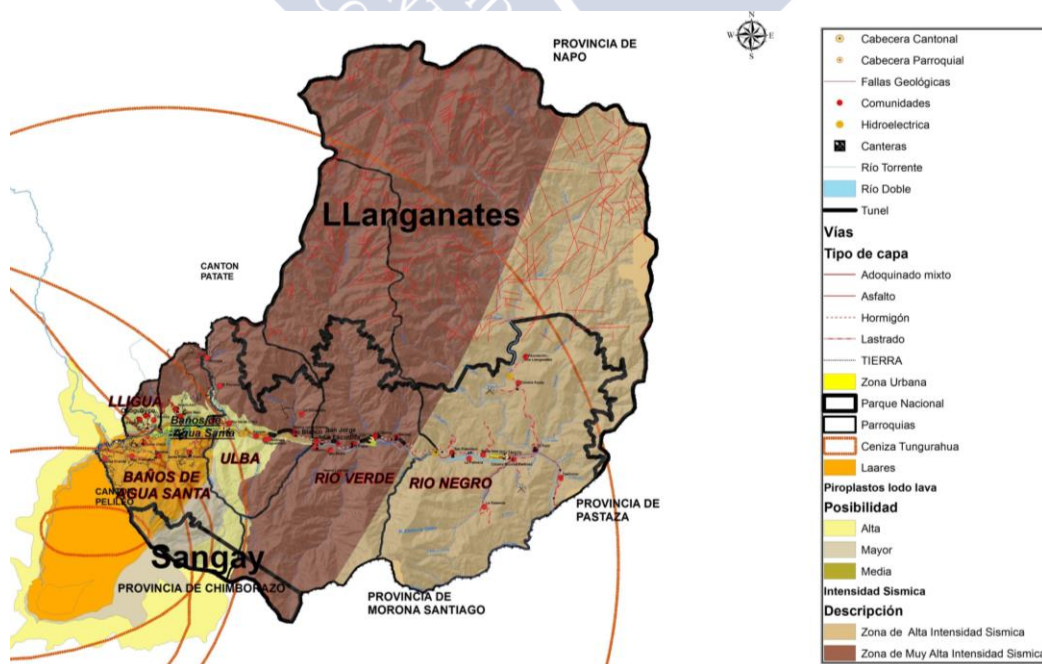


Figura 7.3 Riesgos naturales del cantón Baños de Agua Santa  
Fuente: ETM-PDOT, cartografía base Instituto Geográfico Militar (GAD del cantón Baños de Agua Santa, 2015)



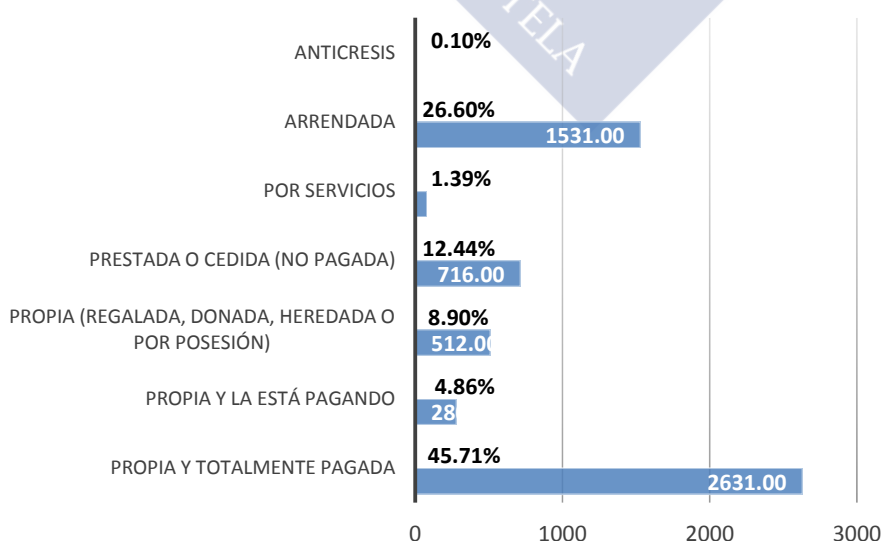
### 7.3.2 Características sociales

Considerando fuentes secundarias, se identifican algunas características del cantón. Así, según datos censales de 2010, el 91.25% de la población se identifica como mestizo y un 1.93% como indígena. Los niveles de pobreza, considerando las necesidades básicas insatisfechas, determinan que el 36.5% de la población es pobre en la cabecera cantonal, en la parroquia de Lligua el 96.1%, en Río Negro el 61.1%, en Río Verde el 59.1% y en la parroquia de Ulba el 59.1%. La edad media de la población es de 30.18 años.

La educación en el cantón evidencia un progreso entre los datos censales relacionados con la tasa de educación entre 2001 y 2010, pasando de un 57% al 75%. La tasa de analfabetismo ha ido en caída a partir de 2001 llegando en 2010 a un valor de 3.74%. De los datos censales del 2010, el 34.97% de la población tiene instrucción primaria, el 21.87% educación secundaria, el 10.55% educación básica, el 8.51% educación media y superior el 15.59%. El 43,75 % de las instituciones de educación se concentran en la cabecera cantonal, donde el nivel de analfabetismo, tanto para hombres como mujeres, es el más bajo para el cantón. Los datos arrojan el 2.62% para hombres y el 4.87% para las mujeres.

En relación a las discapacidades entre los integrantes de la población, a enero de 2015 existen 1215 personas censadas, de las cuales el 31.6% corresponde a población mestiza, el 1.65% a blancos, el 0.41% a población indígena y el 66.17% a población que no presenta ninguna identificación racial. La seguridad en el cantón se evidencia en la tasa de homicidios por cada 100000 habitantes, que para el 2013 fue de 4.55, mientras que para la provincia a la cual pertenece fue del 13.45.

Sobre la tenencia o propiedad de la vivienda, de acuerdo al Censo 2010 (Gráfica 7.2), se tiene que la vivienda propia (en todas sus modalidades) está en el 59.47%. Este valor en la provincia a la cual pertenece es del 67.93%, mientras que a nivel nacional es del 63.98%.

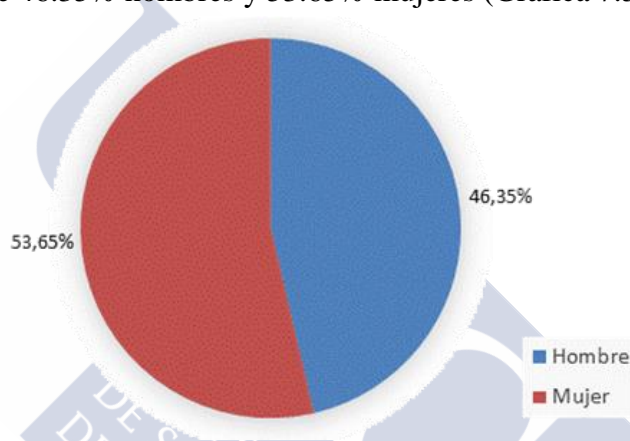


Gráfica 7.2 Tenencia o propiedad de la vivienda en Baños  
Fuente: Censo de población y vivienda 2010 (INEC, 2010)

### 7.3.3 Características económicas

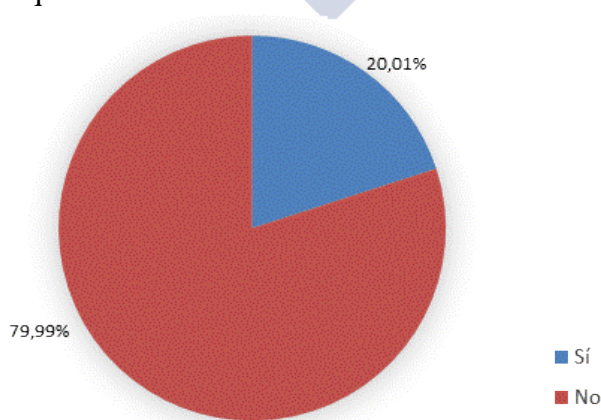
La población económicamente activa es del 59.58% y la mayor parte de ella se encuentra dedicada a actividades relacionadas con el turismo (GAD del cantón Baños de Agua Santa, 2015). De acuerdo a los datos del Censo Nacional de Población y Vivienda 2010, la PEA masculina es del 70.93%, en contraste con el 48.26% en la PEA femenina. El 60% de la población está ocupada en el sector servicios, el 15% en el sector secundario y el 25% en el primario. La actividad turística es dinamizadora de la economía en el cantón, sus atractivos están en torno al tema religioso y en actividades donde el principal recurso es el agua. La actividad agrícola se concentra en la producción de frutas como la mora, la naranjilla, el tomate de árbol, la granada, el aguacate, entre otros (GAD del cantón Baños de Agua Santa, 2015).

De acuerdo al Censo Nacional Económico 2010, el género en la gerencia o propiedad de los establecimientos es de 46.35% hombres y 53.65% mujeres (Gráfica 7.3).



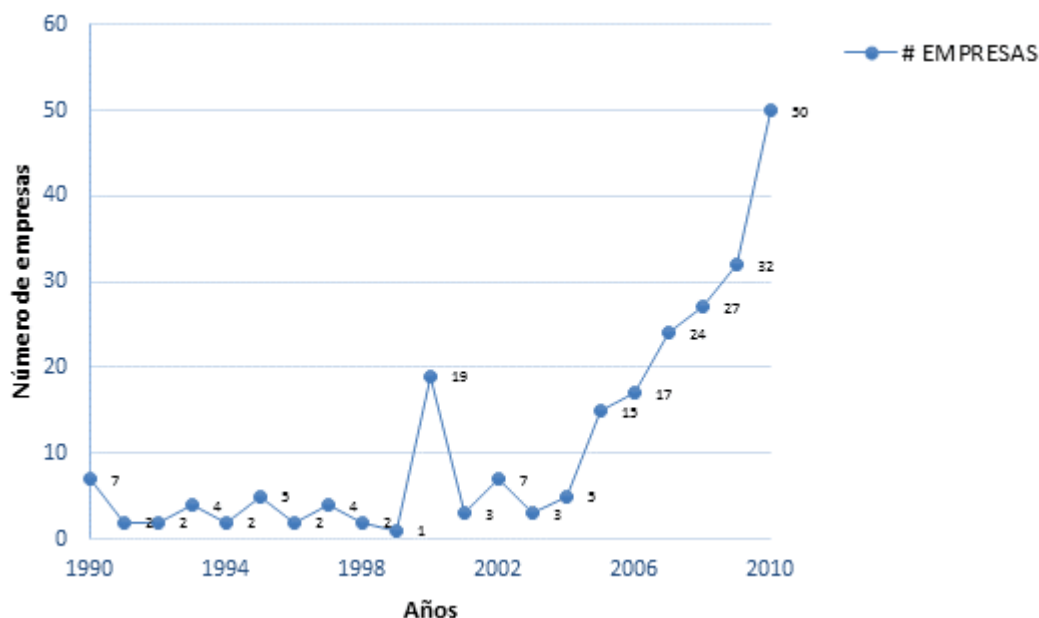
Gráfica 7.3 Género en la gerencia o propiedad de los establecimientos en Baños  
Fuente: Censo de población y vivienda 2010 (INEC, 2010)

El 79.99% no mantiene afiliaciones a gremios, mientras que el 20.01% sí. Este dato contrasta con el nacional, en el que el 86.75% no mantiene afiliación y un 13.25% sí registra afiliación (Gráfica 7.4). El 82.79% de los establecimientos económicos cuenta con el Registro Único de Contribuyentes (RUC) y el 19.34% no lo posee; a nivel nacional se registra que el 67% posee RUC, mientras que el 32% no lo tiene.



Gráfica 7.4 Afiliación a gremios o asociaciones en Baños  
Fuente: Censo de población y vivienda 2010 (INEC, 2010)

En referencia al mismo censo económico, la tendencia de número de empresas por año de constitución mantiene un crecimiento sostenido entre 1990 y 2010, similar a los presentados a nivel país (Gráfica 7.5). Considerando los estratos de población ocupados por establecimiento económico, el 97.15% se encuentra en el rango de 1-9 empleados (INEC, 2011).



Gráfica 7.5 Población ocupada por establecimiento económico en el rango de 1 a 9 empleados  
Fuente: Censo Nacional Económico 2010 (INEC, 2010)

### 7.3.4 Infraestructura

De acuerdo al Censo Nacional para el 2010, la cobertura de servicios básicos es la siguiente: el 98.1% de las viviendas contaba con servicio de energía eléctrica, superando al promedio nacional de 93.19%; el porcentaje de viviendas con eliminación de aguas servidas por red pública de alcantarillado es del 78.72%, mientras que a nivel nacional la cobertura es del 53,6%; el porcentaje de viviendas con abastecimiento de agua a través de la red pública en su interior es del 67.34%, que supera al 60.15% a nivel nacional; el porcentaje de viviendas que eliminan la basura a través de un carro recolector es del 85,80%, superando al valor nacional, que es del 77%.

La infraestructura del sistema educativo se concentra en veintisiete centros de educación secundaria, primaria y guarderías, el 95% de los cuales se localizan en la cabecera cantonal. Cuentan con un hospital básico que no abastece adecuadamente a la población, tanto en personal para atención médica como en infraestructura (GAD del cantón Baños de Agua Santa, 2015). Las vías de acceso principales a las viviendas en un 64.92% son calles adoquinadas, pavimentadas o de cemento, el 5.10% son empedradas, el 14.2% lastradas o de tierra, y caminos o senderos representan el 15.43%. Los valores de contraste a nivel nacional son: 45.88% con calles adoquinadas, pavimentadas o de concreto, empedradas el 16.61%, lastradas o de tierra un 23.69% y caminos o senderos un 13.23% (INEC, 2011).

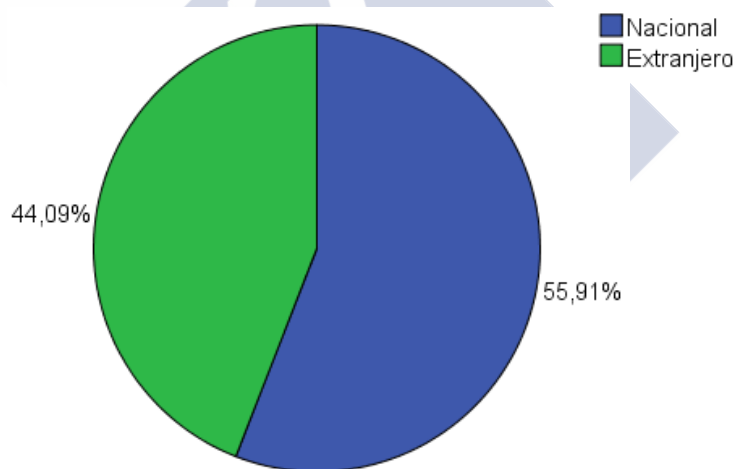


Los indicadores de infraestructura del cantón Baños superan a los determinados a nivel nacional, demostrando que existe una ventaja respecto de otros similares. El principal problema a nivel de infraestructura lo presenta el sistema de salud, que es insuficiente para atender a la población del cantón, la cual se ve obligada, en caso de emergencias médicas, a dirigirse a otras ciudades como Ambato y Quito.

### 7.3.5 Actividad turística

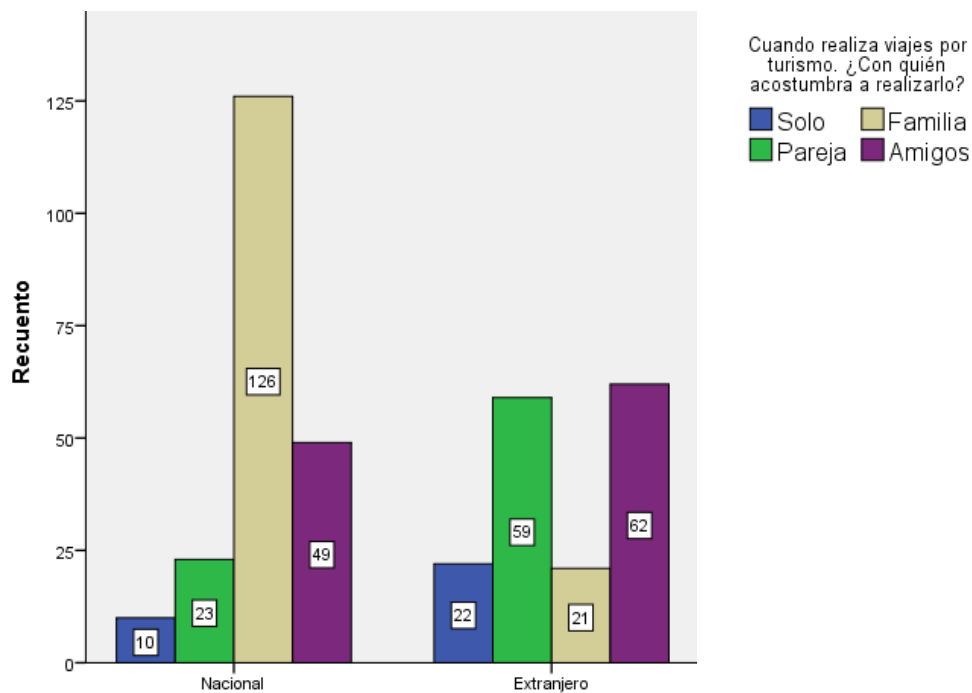
El valor de los paisajes naturales y los ecosistemas presentes en el cantón se han convertido en una fortaleza para promover actividades relacionadas con el turismo, llegando a ser este un gran dinamizador de la economía en el cantón Baños. Existe variedad de establecimientos destinados al alojamiento, alimentación y distracción del turista, llegando a ser la quinta ciudad en el Ecuador con mayor número, con un total del 2.2% de total nacional, y se destaca como el referente nacional del turismo de aventura (actividades: bunging, cabalgatas, rafting, trekking) y el turismo termal. La ubicación de Baños como puerta de acceso a la Amazonía también la ha convertido en un centro de distribución de actividades turísticas para esta región. Baños es la quinto destino más visitado de Ecuador (Tourism & Leisure, 2007).

A través de una encuesta dirigida a 372 turistas en el año 2015, se pudo obtener algunos datos sobre sus características, hábitos de viaje, percepción del lugar e intereses. Los resultados más relevantes se presentan a continuación. El 55.91% de los turistas son nacionales y un 44.09% son extranjeros (Gráfica 7.6).



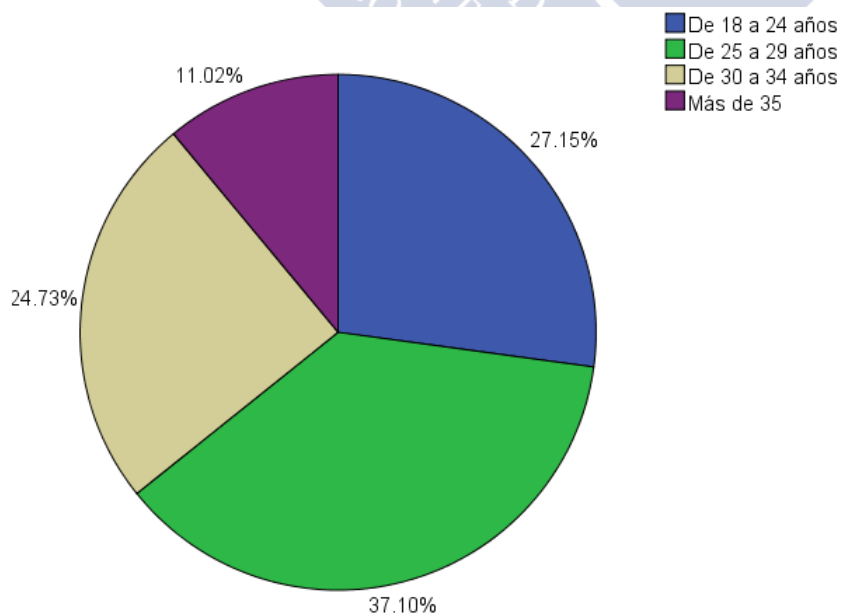
Gráfica 7.6 Tipo de turista por procedencia que visita Baños  
Fuente: Encuesta sobre turismo interno y receptivo 2015

Los comportamientos de viaje marcan una diferencia entre los turistas nacionales y extranjeros que visitan Baños de Agua Santa. Los nacionales acostumbran viajar en familia, mientras que los extranjeros prefieren hacerlo en pareja o con amigos (Gráfica 7.7).



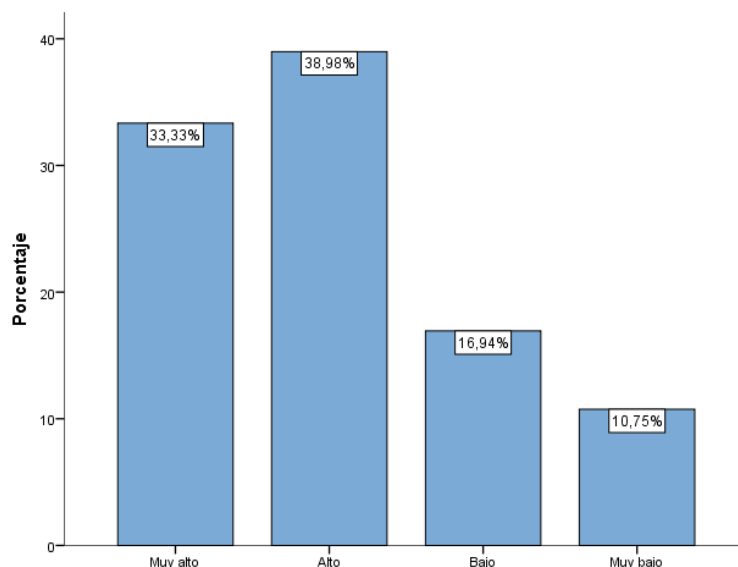
**Gráfica 7.7** Tipo de turista y acompañantes de viaje  
Fuente: Encuesta sobre turismo interno y receptivo 2015

Otra de las características relevantes de los turistas es su rango de edad concentrándose su mayoría (el 88.98%) entre los 18 y 35 años de edad (Gráfica 7.8). Es un turista joven que busca aventura, diversión y naturaleza, que son los referentes que caracterizan al cantón.



**Gráfica 7.8** Rangos de edad de los turistas que visitan Baños  
Fuente: Encuesta sobre turismo interno y receptivo 2015

De acuerdo a la encuesta a turistas nacionales y extranjeros en la ciudad de Baños (2015), el 97.3% volvería a visitar la ciudad. Un 33.3% y un 39% de los turistas califican como muy alto y alto respectivamente su grado de interés por el volcán Tungurahua, el 27.7% lo califica como bajo y muy bajo este interés (Gráfica 7.9).



Gráfica 7.9 Nivel de interés que el volcán genera en los turistas  
Fuente: Encuesta sobre turismo interno y receptivo 2015

#### 7.4 Baños de Agua Santa en Resiliencia Sostenible

En un sistema socioecológico como el presentado en Baños, la dinámica de acumulación de capital social, económico, institucional, de infraestructura y comunitario (Cutter et al., 2010), resultado de la transición de la fase *r* a *K* en el modelo heurístico de panarquía, se evidencia posterior a la erupción del Tungurahua entre 1916-1918, que causó un alto impacto en la población (Freire-Guevara, 2001). Para 1944<sup>61</sup>, el pequeño caserío presentaba una estructura política de nivel cantonal. Además, debido a su situación geográfica que la sitúa como paso obligado de las principales ciudades del centro del país hacia la Amazonía, desarrolló actividades económicas basadas en el comercio y el turismo.

Los sistemas ecológicos, muchos de ellos destruidos por la erupción, se recuperaron dando como resultado extensas zonas de bosques que albergaron a nueve ecosistemas distribuidos en una extensión de 1066 km<sup>2</sup> con una alta riqueza de flora y fauna (GAD del cantón Baños de Agua Santa, 2015). Para 1990, Baños registraba una población de 15416 habitantes (INEC, 2010) y una estabilidad en su desarrollo socioeconómico acorde a las condiciones del Ecuador. La actividad que hasta ese entonces dinamizaba la economía era el turismo de tipo religioso y termal. De acuerdo a los pobladores, actividades específicas de turismo de alta montaña atraían al turismo internacional y dejaban importantes ingresos a la población. Hasta 1999, la riqueza del capital ecológico, económico y social habría generado un estado de estabilidad en la región que empezaría a consolidar la fase *K* presente en el modelo de panarquía. Para julio de 1999 aparecen las primeras señales de reactivación del Tungurahua (Aguilera y Dueñas, 2007), la población empezó a convulsionarse y la

<sup>61</sup> Baños de Agua Santa es declarado cantón de la provincia de Tungurahua el 16 de diciembre de 1944.

incertidumbre fue la principal característica visible. Los cerca de ochenta años de relativa calma frente al fenómeno natural habían incrementado la estabilidad, pero a la vez redujeron la resiliencia, incrementando la vulnerabilidad (Schneider, 2007) en las diferentes poblaciones cercanas al volcán.

Tanto los ecosistemas como los sistemas humanos operan a diferentes escalas y permiten la madurez del sistema socioecológico. El modelo de panarquía considera que existe un conjunto anidado de ciclos adaptativos que operan a escalas discretas (Gunderson y Holling, 2002). Para este caso, el evento natural, que obedece a una escala superior a la de las pequeñas ciudades asentadas en las zonas de riesgo del volcán, alteraría la estructura de sus ciclos panárquicos, provocando una serie de reacciones interescales (*cross-scale*) a través de diferentes ciclos adaptativos. Es así que la población de Baños sufre un colapso en su estructura económica y social cuando se ve forzada a la evacuación (Tobin y Whiterford, 2002), que es contrarrestada a través de la participación comunitaria, que, a pesar de estar disminuida, mantuvo los módulos básicos que lograrían la adaptación de los sistemas sin que cambiasen sus funciones esenciales. Además se dio espacio para la innovación, el desarrollo y su evolución (Carpenter et al., 2012).

La acción de la resiliencia frente a fenómenos adversos tiene tres resultados posibles (Kumpfer, 1999): a) reintegración resiliente, b) reintegración homeostática, c) cambio y reintegración disfuncional. En el primer caso, se produce un cambio adaptativo que genera una evolución positiva de la región; en el segundo, existe un cambio adaptativo que no necesariamente es positivo para la región; mientras que en el tercero no se genera cambio adaptativo y las consecuencias negativas de la acción del fenómeno adverso continúan o se agravan. Una reintegración resiliente se evidencia en la población de Baños. La estructura social y económica reacciona de forma favorable, contribuyendo a la recuperación de la ciudad. Las múltiples pero distintas escalas de autoorganización y la distribución de funciones dentro y a través de estas, crean sistemas elásticos (Peterson, et al., 1998) que responden al impacto del fenómeno natural.

Para el 16 de octubre de 1999, es declarada la alerta naranja y Baños sufre una evacuación forzosa, lo que obligó a sus pobladores a adaptarse a las nuevas condiciones de deslocalización, desintegración familiar, pérdida de fuentes de ingreso, precarias condiciones en los albergues temporales, entre otras (Tobin y Whiterford, 2002; Whiteford et al., 2013). El 5 de enero del año 2000, a pesar de la negativa de las autoridades ,y luego de varios enfrentamientos con la fuerza pública, la población organiza su retorno y decide retomar sus actividades productivas. Sin embargo, el impacto del desastre, sumado al inadecuado manejo de la crisis, provocaron que Baños no pueda retornar a las condiciones previas a la erupción.

La situación de Baños antes del desastre, relacionada con la etapa de  $r a K$ , configura una fase lenta de crecimiento y acumulación. La erupción y la evacuación forzosa generaron un impacto al azar que perturbó el sistema socioecológico (Gunderson y Holling, 2002), obligándolo a reorganizarse, lo que conlleva una fase de destrucción creativa (Schumpeter, 1942), representada en el modelo de panarquía en la etapa de  $K a \Omega$ . La vulnerabilidad estructural provoca la crisis que parte con una baja resiliencia en  $K$  y alta conectividad entre los elementos de los diferentes ciclos panárquicos. Los sistemas

social y económico afectados son gestionados por algunos pobladores de la ciudad, llevándolos a un estado de autoorganización más rápido que la comunidad en su conjunto y promueven reacciones positivas desestabilizadoras entre la acción del fenómeno natural (Figura 7.4), la gestión del riesgo por parte de las autoridades y la propia población que buscaba retomar sus actividades sociales y económicas.

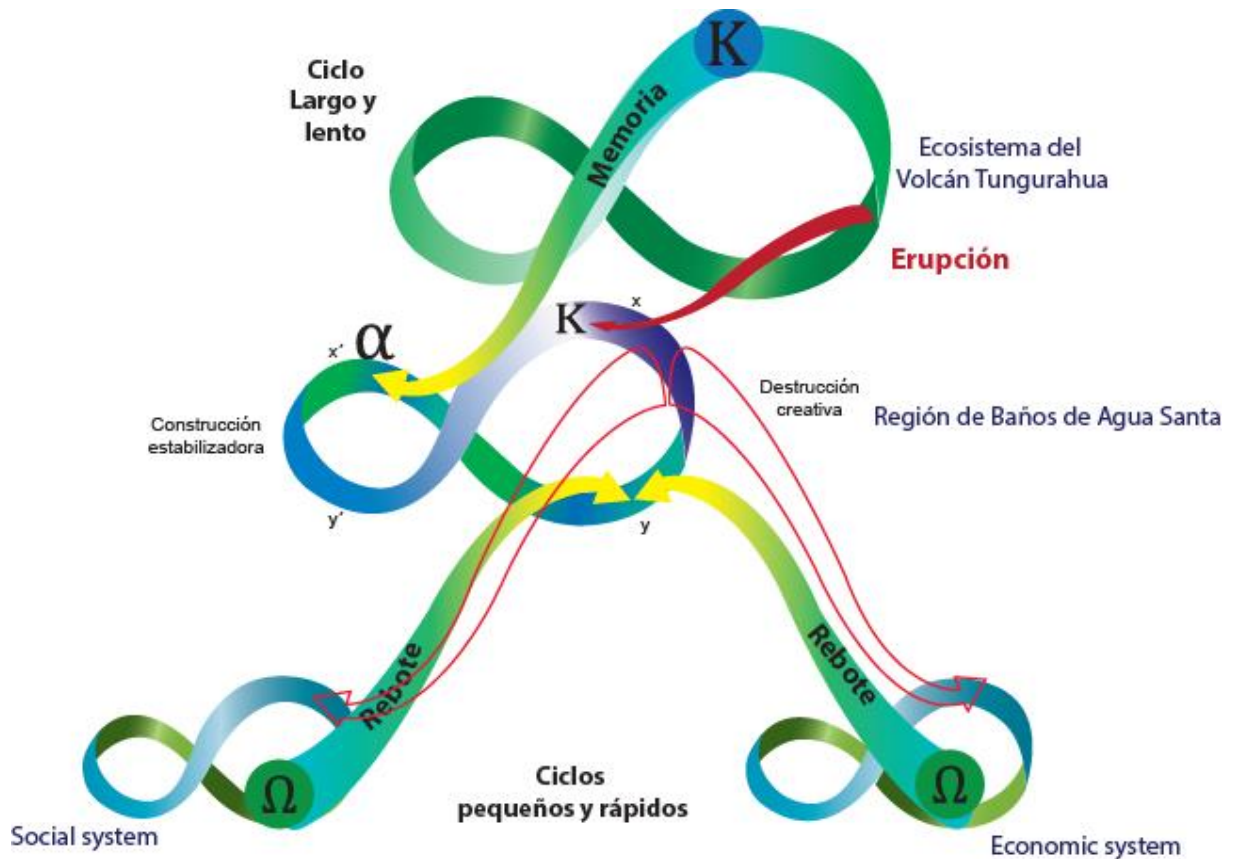


Figura 7.4 Interacción de ciclos en el modelo panárquico de la ciudad de Baños - Sistema socio-económico

La reorganización es una fase rápida que conduce a la renovación de  $\Omega$  a  $\alpha$ . Sobre la base del legado del sistema antiguo, se incrementa la incertidumbre y progresivamente se acumula el capital (ecológico, económico y social), se disminuye la conectividad y se incrementa la resiliencia. En esta fase, la influencia de los factores exógenos es alta y es el escenario propicio para las innovaciones. A partir del retorno de los pobladores a la ciudad de Baños, a cuenta y riesgo de su decisión, se evidencian procesos de autoorganización; el sistema educativo y de salud que el gobierno no les proporcionaba fue tomado bajo la responsabilidad de los habitantes y se promovió la organización civil. Tal es el caso de “Hermanad Baneña” y “Ojos del Volcán” que guiaron el retorno de la población y promovieron sistemas de alerta temprana, pues el volcán se mantenía en proceso de erupción. La población organizada creó las denominadas “ollas comunales”, que atendieron las necesidades de alimentación de algunos pobladores.

En la fase  $\alpha$ , la alta resiliencia y baja conectividad entre los elementos de cada ciclo panárquico promueven la oportunidad para la configuración de nuevas estructuras que pueden generar procesos inesperados de crecimiento (Gunderson y Holling, 2002; Holland, 1995).

Luego de consolidado el retorno a la ciudad, la necesidad de la reactivación económica era inminente. El turismo religioso y termal no generaba visitantes; sin embargo, la experiencia de algunos empresarios identificaría una nueva forma de hacer turismo, basada en el repulsor principal de la zona, el “riesgo”. Identificando las capacidades territoriales, generaron un nuevo tipo de turismo basado en la aventura y los deportes extremos, que conjugaban avistamientos desde zonas seguras hacia el volcán en erupción con actividades en cascadas, ríos y el bosque monzónico característico de la región. Baños había generado una oportunidad de desarrollo en el desastre.

El 58.5% de los empresarios tomó la decisión de hacer mejoras y correcciones en sus productos y servicios y un 45.6% consideró que la generación de nuevos productos y servicios era el camino más adecuado para superar los efectos del desastre. El nuevo sistema reorganizado se hizo posible, manteniendo la memoria de su antecesor como elemento modular que permitió la adaptación de la comunidad a las nuevas condiciones socioeconómicas. Baños, en proyección al 2015, registra una población de 20018 habitantes (INEC, 2010) y 1508 empresas, de las cuales 448 se dedican de manera directa a prestar servicios turísticos (INEC, 2010). Además, mantiene un sistema de alerta temprana desarrollado por la comunidad en coordinación con el Instituto Geofísico de la Politécnica Nacional y la Secretaría Nacional de Riesgos.

En la dinámica de los ciclos adaptativos, están presentes cuatro conceptos fundamentales: el capital almacenado (potencial), el grado de control interno sobre la variabilidad (conectividad), la vulnerabilidad<sup>62</sup> y la resiliencia. Los dos últimos dejan diversas interrogantes sobre la gestión de los sistemas adaptativos, entre las más importantes y que abren espacio al análisis y la investigación están las siguientes: ¿existen diseños y acciones que permitan el crecimiento sin aumentar la rigidez hasta el punto del colapso, es decir, acciones que lleven al sistema de  $r$  a  $K$  sin que este pierda resiliencia? y ¿cuáles son las variables críticas en un sistema determinado que incrementan o disminuyen su resiliencia? ¿Qué hace que un determinado sistema tenga mayor adaptabilidad<sup>63</sup> que otro? En fin, ¿qué variables están presentes en el sistema socioecológico denominado ciudad de Baños, que lo han hecho resiliente a la afectación de un desastre de origen natural?

El sistema territorial que se analiza en el presente estudio es la ciudad de Baños de Agua Santa. Considerando el modelo de panarquía, la fase que trata la investigación es la que corresponde a la trayectoria de  $\Omega$  a  $\alpha$  (Figura 7.6). El momento de inflexión, que en el modelo da paso a la fase señalada, se corresponde al 5 de enero de 2000, fecha en la cual la población realiza un retorno forzoso a Baños en contra de las decisiones estatales. El periodo comprendido entre el año 2010 hasta inicios de 2016 es considerado para el levantamiento de información, ya que es un periodo de consolidación de la resiliencia y la evolución de los sistemas socioecológicos hacia un nuevo ciclo panárquico. A partir de 2010, se cuenta con información del Censo Nacional de Población y Vivienda y el Censo

<sup>62</sup> Un concepto que ha sido desarrollado con una orientación a sistemas complejos por parte de Adger (2006) considera que es la susceptibilidad del sistema a no ser capaz de mantener sus funciones y estructuras; García (2006) la considera una condición de límite o contorno.

<sup>63</sup> Tomando como base lo propuesto por Walker et al. (2004) y los principios de autoorganización de Ashby (1962), se la define como la capacidad colectiva de los elementos de un sistema para gestionar la resiliencia. La capacidad adaptativa proporcionará resiliencia al sistema frente al impacto de las perturbaciones.



Nacional Económico. Es importante destacar que, en el año 2014, la ciudad de Baños fue declarada como “Ciudad Resiliente” a eventos volcánicos por parte de la Organización de las Naciones Unidas.

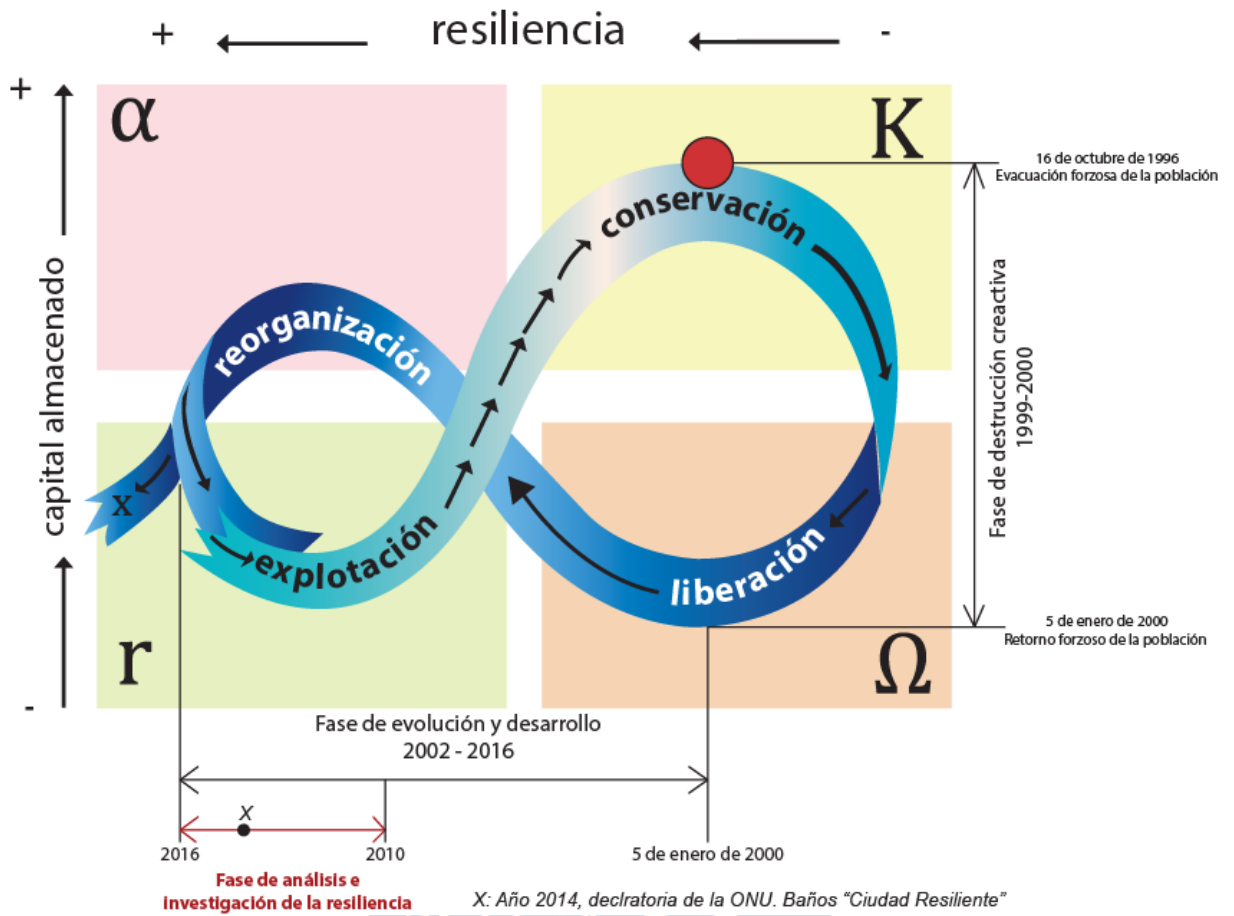


Figura 7.6 Fases de investigación en el modelo panárquico para la ciudad de Baños de Agua Santa





## CAPÍTULO VIII.- FUZZY AHP Y LA RESILIENCIA EN BAÑOS DE AGUA SANTA

### 8.1 Introducción

En este capítulo se incorporan los datos obtenidos en fuentes primarias y secundarias que permiten el análisis multidimensional de la resiliencia en base a la estructura planteada en el *capítulo VI*. El objetivo es identificar la situación de la ciudad de Baños de Agua Santa a partir de sus características territoriales a nivel local y regional. El análisis se realiza considerando las ocho dimensiones propuestas: económico-regional, económico-empresarial, sociorregional, sociocomunitaria, institucional, de infraestructura, ecológica y experiencial.

Las bases de datos de donde proviene la información para cada criterio son indicadas en cada ítem, siendo estas de origen primario o secundario. Los datos de origen primario provienen de cuatro fuentes de información: una encuesta sobre resiliencia del sistema empresarial aplicada a 316 empresas/negocios, una encuesta sobre resiliencia comunitaria aplicada a 290 familias, una encuesta sobre capacidad emprendedora aplicada a 114 empresas/negocios y una encuesta aplicada a 372 turistas que visitan la zona. La delimitación de las diferentes muestras ha sido desarrollada en el *capítulo V*. Algunos criterios fueron evaluados a través de entrevistas a expertos y su opinión es valorada de acuerdo a los procesos de normalización utilizados. Las bases de datos de origen secundario hacen referencia al Censo Nacional de Población y Vivienda del Ecuador del año 2010, el Censo Económico del año 2010, las bases de datos del Ministerio de Salud Pública y las diferentes bases de datos que integran el Sistema Nacional de Información (SNI) en Ecuador.

Identificados las variables e indicadores que permiten calcular el valor de cada criterio, con el fin de incluirlos en el modelo de análisis multidimensional, se procede a su normalización considerando cuatro métodos: la categorización de escalas, la categorización de valores por encima o debajo del promedio, la estandarización (*z-score*) y el reescalamiento o *min-max*. Cada uno de los métodos de normalización presenta sus ventajas y sus desventajas. Así, el método de categorización es útil para representar información cualitativa en rangos cuantificables; sin embargo, presenta la desventaja de que puede perder información cuantitativa sustancial importante, debido, por ejemplo, a la dispersión de magnitudes (Schuschny y Soto, 2009). De similar forma, en la categorización de valores por encima o debajo del promedio la elección del umbral podría parecer arbitraria, pues está sujeta a la experiencia del investigador y de los expertos que han aportado a este trabajo. La estandarización (*z-score*) considera que los valores de cada unidad de análisis quedan estandarizados respecto de una misma distribución; esto evitará la presencia de distorsiones debidas a las diferencias entre las medidas de los indicadores. Por otro lado, el método *min-max* parte de la premisa de que en la muestra analizada se encuentran los elementos que mejor y peor representan los elementos que integran cada criterio analizado (Sánchez-Fernández, 2009).

La importancia de este capítulo radica en el tratamiento de los datos obtenidos en la investigación documental y de campo, su interpretación y normalización para posteriormente integrar el modelo para análisis multidimensional de la resiliencia. Se aporta con una descripción detallada de cada criterio con el fin de consolidar argumentos para un análisis

integral cuando sean tratados de manera conjunta en las dimensiones a las que pertenecen, así como en el modelo general de análisis multidimensional.

El capítulo se estructura a través de las ocho dimensiones identificadas para el análisis multidimensional. En cada una de ellas se presenta el criterio y se desarrolla su cálculo sobre la base de la caracterización definida en el *capítulo VI* de este trabajo (epígrafe “Caracterización y normalización de criterios”); cada criterio luego es interpretado y normalizado considerando un rango entre 0 y 1.



## 8.2 Análisis económico regional de Baños

### 8.2.1 Criterio pobreza

Se calcula sobre la base del índice de pobreza para países en vías de desarrollo, así:

$$HPI - 1 = \left[ \frac{1}{3} (P_1^\alpha + P_2^\alpha + P_3^\alpha) \right]^{\frac{1}{\alpha}}$$

$$\alpha = 3$$

Tabla 8.1 Componentes del índice de pobreza HPI - 1 para países en vía desarrollo

Componentes	valor
Probabilidad de no sobrevivir 40 años ( $P_1$ )	4.10%
Tasa analfabetismo ( $P_2$ )	3.74%
Población sin acceso agua tratada ( $P_3$ )	19.30%

$$HPI - 1 = 13.456\%$$

El índice de pobreza calculado es de 13.45% y es menor al registrado para la provincia de Tungurahua, en la que se encuentra la ciudad de Baños de Agua Santa, que es del 18.1%.

*Normalización.*- Utilizando normalización *min-max* donde el objetivo es un mínimo, se tiene:

$$NHPI - 1 = 0.1356 = \frac{100 - 13.45}{100 - 0} = 0.86$$

Valor del criterio: 0.86

### 8.2.2 Criterio equidad de ingreso

Se calcula sobre la base del índice de *Gini*, así:

$$G = \frac{\sum_{i=1}^{K-1} (p_i - q_i)}{\sum_{i=1}^{K-1} p_i}$$

Tabla 8.2 Ingresos medios anuales para la población de Baños de Agua Santa como componentes del índice Gini

Estrato	Ingresos medios anuales	$x_i$	$n_i$	$N_i$	$p_i$	$u_i$	$U_i$	$q_i$
1	De 1 a 9999 dólares	5000	799	799	0.5510	3995000	3995000	13.91%
2	De 10000 a 29999	19999.5	453	1252	0.8634	9059773.5	13054773.5	45.46%
3	De 30000 a 49999	39999.5	96	1348	0.9296	3839952	16894725.5	58.84%
4	De 50000 a 69999	59999.5	25	1373	0.9468	1499987.5	18394713	64.06%
5	De 70000 a 89999	79999.5	13	1386	0.9558	1039993.5	19434706.5	67.68%
6	Más de 89999	144999.5	64	1450	1	9279968	28714674.5	100.00%

Fuente: Censo Económico INEC 2010

$$G = 0.41$$

El coeficiente de Gini, tomado como base para el año 2010, en el cantón Baños de Agua Santa es de 0.41; se evidencia una estructura socioeconómica moderadamente desigual y menor al valor del país, que registró en ese año 0.5. Este coeficiente para Ecuador en el año 2011 cayó a 0.46, manteniendo una tendencia decreciente hasta alcanzar el 0.45 en 2015 (INEC, 2015). El coeficiente de Gini, al representar niveles de desigualdad, tiene una relación inversa con la resiliencia.

*Normalización.*- Utilizando normalización *min-max* donde el objetivo es un mínimo, se tiene:

$$N \rightarrow G = 0.41 \quad NG = \frac{1-0.41}{1-0} = 0.59$$

Valor del criterio: 0.59

### 8.2.3 Criterio empleo

Se calcula sobre la base del porcentaje de la población ocupada. De acuerdo al Censo 2010, la población de más de diez años de edad en Baños de Agua Santa es de 16498 y la población ocupada es de 9607, por lo que el porcentaje de población ocupada es:

$$POC = \frac{\text{Población ocupada}}{\text{Población mayor a 10 años de edad}} * 100$$

$$POC = 58.23\%$$

La población ocupada en el cantón Baños es del 58.23%, mientras que el porcentaje a nivel nacional es del 35.7%.

*Normalización.*- Utilizando normalización *min-max* siendo el objetivo un máximo, cuyos valores para el mínimo son 0 y para el máximo 100, se tiene:

$$N \rightarrow POC = \frac{58.23}{100} \quad POC = \frac{0.58-0}{1-0} = 0.58$$

Valor del criterio: 0.58

### 8.2.4 Criterio empleo por sectores

Se calcula sobre la base del porcentaje de la población que tiene actividades en sectores primarios. De acuerdo al Censo 2010, en el cantón Baños se tiene:

- Por rama de actividad agricultura, ganadería, silvicultura y pesca: 23.01%
- Por rama de actividad explotación de minas y canteras: 0.38%
- Total ocupados en sectores primarios: 23.39%

$$POCSP = 23.39$$

En Ecuador, el porcentaje de personas ocupadas en sectores primarios, es decir, agricultura, ganadería, silvicultura, pesca y actividades de explotación de minas y canteras, de acuerdo al Censo 2010, es del 21.31%; el porcentaje encontrado en Baños es

ligeramente mayor al nacional, ya que registra un 23.39%. La actividad laboral en el sector primario es vulnerable a los desastres de origen natural, por lo que su relación es inversa a la resiliencia.

*Normalización.*- Utilizando normalización *min-max* siendo el objetivo un mínimo, se tiene:

$$N \rightarrow POCSP = 0.239 \quad NPOCSP = \frac{1 - 0.23}{1 - 0} = 0.77$$

Valor del criterio: 0.77

### 8.2.5 Criterio diversidad económica

Se calcula a través del índice de *Herfindahl-Hirschman* (HHI). Sobre la base del Censo Nacional Económico 2010, se tienen los siguientes datos y resultados:

$$HHI = \sum_{i=1}^n S_i^2; \text{ donde } i = 1 \dots n.$$

Tabla 8.3 Sectores económicos en Baños de Agua Santa, para el cálculo de diversidad económica

Sector	Casos	S	$S_i^2$
Industrias manufactureras.	119	7.89%	62.27
Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado.	3	0.20%	0.04
Construcción.	4	0.27%	0.07
Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas.	664	44.03%	1938.80
Transporte y almacenamiento.	16	1.06%	1.13
Actividades de alojamiento y de servicio de comidas.	348	23.08%	532.54
Información y comunicación.	50	3.32%	10.99
Actividades financieras y de seguros.	7	0.46%	0.22
Actividades inmobiliarias.	1	0.07%	0.00
Actividades profesionales, científicas y técnicas.	32	2.12%	4.50
Actividades de servicios administrativos y de apoyo.	61	4.05%	16.36
Administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria.	21	1.39%	1.94
Enseñanza.	26	1.72%	2.97
Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social.	25	1.66%	2.75
Artes, entretenimiento y recreación.	26	1.72%	2.97
Otras actividades de servicios.	105	6.96%	48.48
<b>Total</b>	<b>1508</b>	<b>100.00%</b>	<b>2626.05</b>

Fuente: Censo Nacional Económico 2010

$$HHI = 2626.05$$

Un valor de índice de HHI superior a 2500 indica que el mercado es demasiado concentrado. A nivel país el 44% de los sectores de la economía se encuentran altamente

concentrados, mientras que el 15% son calificados como moderadamente concentrados (SCPM, 2013).

*Normalización.*- Utilizando normalización por categorías, como el HHI calculado es mayor a 2500, que indica alta concentración, se califica con 0.

Valor del criterio: 0

### 8.2.6 Criterio empleo femenino

Se calcula determinando el porcentaje de la población femenina empleada con remuneración. Para Baños, de acuerdo al Censo 2010, el valor es de 40.48%. De acuerdo a la Encuesta Nacional de Uso del Tiempo 2007, las mujeres empleadas con remuneración constituyen el 52.5%.

*Normalización.*- Utilizando normalización *min-max* siendo el objetivo un máximo, se tiene:

$$NEMF = \frac{40.48 - 0}{100 - 0} = 0.40$$

Valor del criterio: 0.40

### 8.2.7 Criterio dependencia económica

Se calcula a través del ratio de dependencia económica. Los datos para el cantón Baños se obtienen del Censo 2010. El número de personas dentro del grupo de 0 a 14 años es de 5372, en el grupo de 65 y más es de 1831 y en el grupo de 15 a 64 años es de 12815.

$$T = \frac{n_1}{n_2} * 100$$

$$T = 56.20\%$$

La población de Baños de Agua Santa presenta un ratio de dependencia económica de 56.20%, es decir se tiene una proporción mayor de población en edad productiva que de población dependiente. A nivel país este ratio es de 60.6%.

*Normalización.*- Considerando la normalización por categorías, como  $T < 100$  se otorga la valoración de 1.

Valor del criterio: 1

### 8.2.8 Criterio asequibilidad regional

Se calcula en función del porcentaje del presupuesto de una familia que es dedicado a vivienda (incluye servicios básicos). De acuerdo a la encuesta de resiliencia comunitaria aplicada en el cantón Baños, se tiene lo siguiente:



Tabla 8.4 Distribución del ingreso familiar en Baños de Agua Santa, principales estadísticos

		Estadísticos					
N		¿Qué porcentaje del ingreso familiar lo destina a alimentación?	¿Qué porcentaje del ingreso familiar lo destina a vivienda?	¿Qué porcentaje del ingreso familiar lo destina a salud?	¿Qué porcentaje del ingreso familiar lo destina a educación?	¿Qué porcentaje del ingreso familiar lo destina a transporte?	¿Qué porcentaje del ingreso familiar lo destina a vestido?
	Válidos	290	289	280	290	275	290
	Perdidos	0	1	10	0	15	0
Media		31.3448	14.8844	13.0443	15.8190	8.1720	11.5521
Desviación estándar		11.33258	11.53481	7.43151	8.07828	5.33319	7.15313
Varianza		128.427	133.052	55.227	65.259	28.443	51.167
Mínimo		5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Máximo		60.00	70.00	50.00	50.00	30.00	50.00

Fuente: Encuesta sobre resiliencia comunitaria

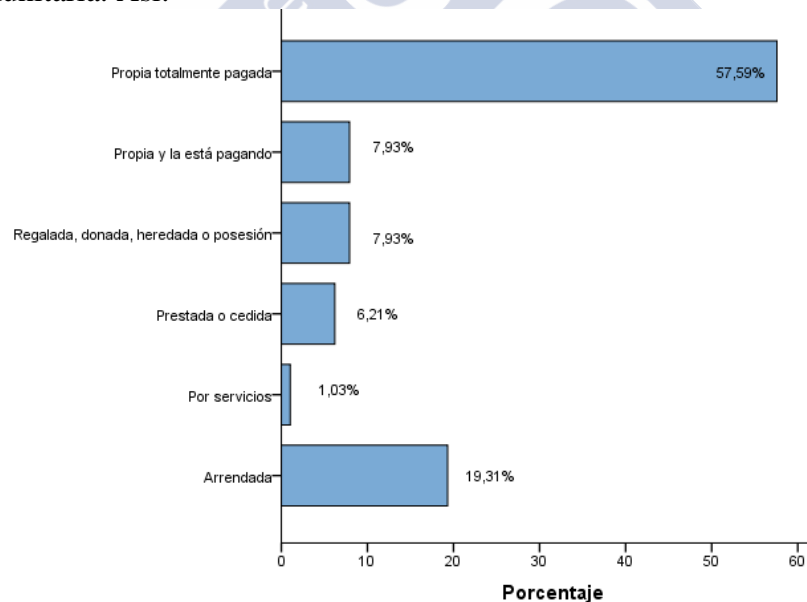
El costo de la vivienda varía dependiendo de las ciudades. En el caso de Ecuador, tomando en consideración las dos principales ciudades, Quito y Guayaquil, se le ha calificado como un país con una brecha medianamente amplia de asequibilidad (Marcano, 2010).

El porcentaje del presupuesto destinado a vivienda es del 14.88%, valor que está por debajo del valor referencial de análisis que es 35%, por lo que el criterio se califica con 1.

Valor del criterio: 1

### 8.2.9 Criterio propiedad de la vivienda

Se calcula en función del porcentaje de la población que cuenta con vivienda propia (totalmente pagada o en proceso de pago), de acuerdo a datos obtenidos de la encuesta sobre resiliencia comunitaria. Así:



Gráfica 8.1 Propiedad de la vivienda en Baños de Agua Santa.

Fuente: Encuesta sobre resiliencia comunitaria

El porcentaje de propietarios de viviendas es del 65.5%, lo que fortalece su capacidad de resiliencia, pues los propietarios de viviendas son más renuentes a ser reubicados y buscan los medios necesarios para mantenerse en sus propiedades luego de ser afectados por desastres de origen natural. La tenencia o propiedad de la vivienda en Ecuador destaca entre sus valores

más relevantes con un 46.87% de propietarios con vivienda totalmente pagada, un 21.43% arrendada y un 12.84% prestada o cedida (INEC, 2010).

*Normalización.*- Utilizando normalización *min-max* siendo el objetivo un máximo, se tiene:

$$NPVIV = \frac{65.50 - 0}{100 - 0} = 0.65$$

Valor del criterio: 0.65

### 8.2.10 Criterio abastecimiento

Este criterio considera la incidencia gravitatoria comercial, considerando poblaciones importantes que tienen incidencia en el cantón Baños.

Tabla 8.5 Localidades, habitantes y distancias para el análisis de incidencia gravitatoria comercial en Baños de Agua Santa.

Población origen	Población influencia	# de Habitantes	Distancia km	Punto indiferencia	Limite influencia ciudad comprada
	Ambato	329856	41.9	8.2	33.6
	Riobamba	225741	78.4	17.9	60.4
Baños	Quito	2239191	191.7	16.5	175.1
	Latacunga	170489	110.6	28.2	82.3
	Puyo	36659	59.3	25.2	34.1

Fuente: Elaborado a partir del mapa regional del Ecuador.

Las ciudades de Ambato, Riobamba, Quito, Latacunga y Puyo tienen incidencia gravitatoria comercial sobre la ciudad de Baños.

*Normalización.*- Las ciudades analizadas tienen una influencia comercial que incluye el punto de indiferencia para la ciudad de Baños, es decir la ciudad tiene una alta incidencia gravitatoria comercial. Considerando la normalización en base a categorías, la calificación es de 1.

Valor del criterio: 1.00

### 8.2.11 Criterio vulnerabilidad económica

Este criterio es de carácter macroeconómico y considera el PIB per cápita por paridad del poder adquisitivo. Atendiendo al promedio de la región que, según datos del Banco Mundial para el 2014, se sitúa en 14478.81, es comparado con el valor de Ecuador, que registra 11371.66, resultando menor, razón por la cual la calificación de este criterio es de 0 considerando la normalización en base a categorías.

Valor del criterio: 04

### 8.2.12 Análisis unidimensional económico-regional del cantón Baños

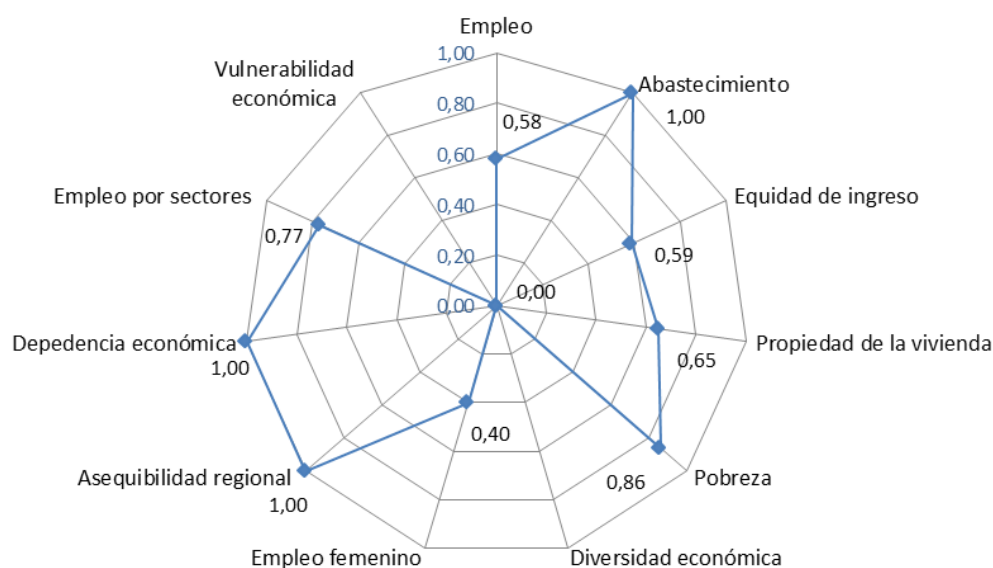
La dimensión económica – regional está compuesta por 11 criterios y presenta los siguientes estadísticos:

Tabla 8.6 *Estadísticos descriptivos de la dimensión económica-regional para el modelo de análisis multidimensional de la resiliencia en Baños de Agua Santa*

Estadístico		Valor	Error típ.
Media		0.62273	0.11012
Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	0.37737	
	Límite superior	0.86808	
Media recortada al 5%		0.63636	
Mediana		0.65000	
Varianza		0.13338	
Desv. típ.		0.36521	
Mínimo		-	
Máximo		1.00000	
Rango		1.00000	
Amplitud intercuartil		0.60000	
Asimetría		- 0.79402	0.66069
Curtosis		- 0.37809	1.27942

De la información de la Tabla 8.6, se desprende que las calificaciones de los criterios relacionados con la dimensión económico-regional de la ciudad de Baños tienen una media de 0.6227 con una variabilidad de 0.3652. La mitad de las calificaciones están por debajo de 0.65; entre el criterio que tiene mayor calificación y el que tiene la menor hay una diferencia de 1.0. La distribución de las calificaciones ponderadas de los criterios presenta una asimetría negativa y una curtosis platicúrtica; es decir, no se comporta de manera normal, sino que se aproxima a este tipo de distribución. La prueba de normalidad es la Shapiro-Wilk y su valor es de 0.88.

La modularidad, entendida como el conjunto de elementos esenciales que permiten al sistema hacer frente al impacto de una perturbación evitando su cambio de estado, en la dimensión económico-regional en la ciudad de Baños (Gráfica 8.2) está compuesta por los 11 criterios analizados. Sin embargo, no todos inciden de la misma manera en la resiliencia económico-regional. El promedio de las calificaciones es de 0.6227 sobre una valoración máxima de 1. La capacidad de abastecimiento, la asequibilidad regional, la propiedad de la vivienda y la baja dependencia económica presentan las valoraciones más altas e incidirían en mayor medida en la resiliencia de esta población.



**Gráfica 8.2** Calificaciones normalizadas de los criterios en la dimensión económico-regional  
Fuente: Elaborado a partir de datos individuales de los criterios de la dimensión económico-regional

La capacidad de abastecimiento, relacionada con la incidencia gravitatoria comercial, coincide con el concepto de proximidad (cognitiva, organizacional, social e institucional) y permite al sistema socioecológico tener modularidad a gran escala (apertura) a través de las relaciones comerciales con centros poblados de gran tamaño. Las conexiones con las cinco ciudades analizadas a la vez aumentan la probabilidad de redundancia del sistema, ya que, si una conexión falla, puede ser reemplazada por otra, así de forma sucesiva. Baños no solo está conectado con un centro poblado de relevancia, sino con cinco, lo que incide en la diversidad de las relaciones comerciales, políticas, sociales, etc. que promueven su resiliencia.

La asequibilidad regional, relacionada con el porcentaje del presupuesto de una familia que es dedicado a la vivienda, al ser menor al 35% en promedio, explica la ventaja que tiene esta familia para distribuir su presupuesto en otros tipos de gasto (diversidad) y en el momento de la emergencia poder asignar recursos, si fuese necesario, al rubro vivienda (redundancia). Con un costo de vivienda asequible para la mayor parte de la población se da posibilidad de que los ingresos puedan destinarse a otro tipo de actividades como el ahorro y el emprendimiento.

La baja dependencia económica de la población permite tener mayor posibilidad de dedicar los ingresos familiares a otro tipo de actividades (se incrementa la diversidad económica familiar), como el ahorro, el emprendimiento, la educación etc., así como le da la posibilidad de tener cierta holgura económica para hacer frente a situaciones inesperadas como los efectos de un desastre de origen natural. Si bien este criterio debe ser analizado junto con otros relacionados con el estatus laboral de la población que está en edad productiva, su resultado es representativo, ya que identifica a un grupo mayoritario con capacidades laborales y productivas.

Otros criterios que están sobre la mediana estadística (0.65) son la propiedad de la vivienda, que supera a la media nacional, los niveles de pobreza, que son menores al resto del país, y el empleo por sectores, que en caso de Baños no tienen una ponderación alta

respecto al sector primario de la economía. La incidencia que tienen estos, como los anteriores criterios, en la resiliencia de la población de Baños está relacionada principalmente con la posibilidad de que sus ingresos sean suficientes para cubrir sus necesidades básicas y tener la posibilidad de destinar sus ingresos al ahorro, emprendimiento, capacitación, educación, etc.

De otra manera se presentan cinco criterios que se encuentran por debajo del valor de la mediana (0.65) y representan los puntos débiles de Baños en relación a su resiliencia relacionada con la dimensión económico-regional. Uno de los criterios que incidirían de forma negativa en la resiliencia es la baja diversidad económica, debido a que existe una alta concentración de la economía en pocas actividades, todas ellas relacionadas con el turismo. Si esta actividad se ve afectada, gran parte de la población sería vulnerable económicamente. De igual manera, existe una incidencia negativa de la vulnerabilidad económica que presenta el país, lo que disminuye la capacidad de respuesta de la población frente al impacto de un desastre de origen natural (diversidad y redundancia).

La diversidad económica, vista desde la perspectiva de Martin & Sunley (2013), para el caso de Baños plantea la posibilidad de que los altos niveles de especialización económica, en este caso en turismo, hayan actuado de forma contraria al supuesto de que a mayor especialización menor resiliencia (Gráfica 2.1). Considerando que para el Ecuador el sector turismo en los últimos años representa una de las actividades de mayor crecimiento, es viable la hipótesis de que estos altos niveles de especialización en la población de Baños hayan incidido positivamente en la resiliencia (Gráfica 2.1 b).

### 8.3 Análisis económico-empresarial de Baños

#### 8.3.1 Criterio visión empresarial

Es el resultado de la encuesta relacionada con la resiliencia en el sistema empresarial de Baños.

Tabla 8.7 Frecuencias y porcentajes sobre la afirmación “El volcán trajo nuevas oportunidades”.

	Frecuencia	Porcentaje	Valoración de criterio
Muy de acuerdo	134	42.4	134.0
De acuerdo	154	48.7	115.5
En desacuerdo	22	7	0.0
En total desacuerdo	6	1.9	0.0
<b>Total</b>	<b>316</b>	<b>100.0</b>	<b>249.5</b>

Fuente: Elaborado a partir de datos de la encuesta de resiliencia en el sistema empresarial

El desastre de origen natural visto como una oportunidad por parte de los empresarios es calificada con un 42.4% en la valoración de “muy de acuerdo” y un 48.7% como “de acuerdo”. Se evidencia una visión optimista luego del desastre.

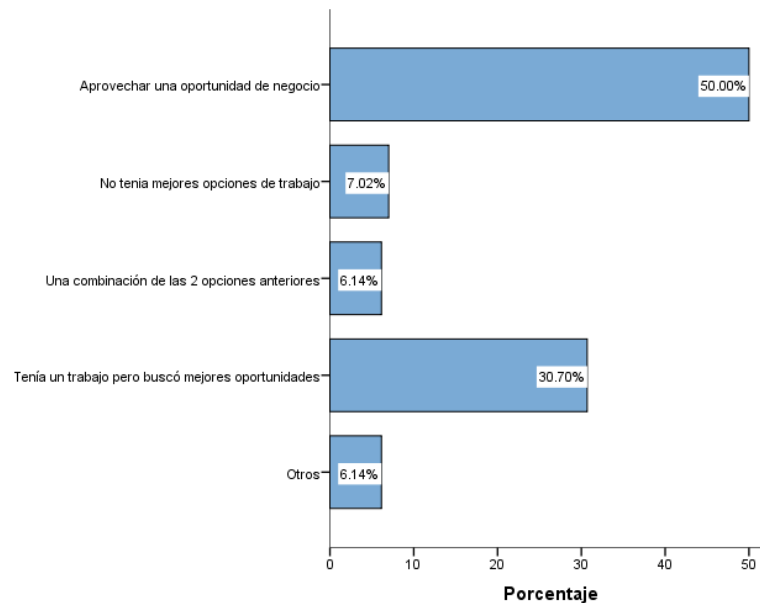
*Normalización.*- La valoración del criterio es de 249.5 sobre un máximo de 316. Considerando la normalización donde el objetivo es un máximo, se tiene:

$$NPVIV = \frac{249.50 - 0}{316 - 0} = 0.78$$

Valor del criterio: 0.78

### 8.3.2 Criterio emprendimiento

Es el resultado obtenido en la encuesta de análisis de la capacidad emprendedora (Gráfica 8.3).



Gráfica 8.3 Razones por las que el empresario se involucró en la actual actividad económica.  
Fuente: Elaborado a partir de la encuesta de la capacidad emprendedora de Baños.

El 50% de los encuestados responden que se involucraron en la actividad empresarial porque pensaban aprovechar una oportunidad de negocio, un 35% ya tenía un trabajo pero buscaba mejores oportunidades y por ello se involucró en una empresa/negocio.

Sobre la base de 144 datos válidos, los límites superior e inferior son [114,28.50] y los resultados multiplicados por el factor de impacto son:

Tabla 8.8 Normalización de razones por las que el empresario se involucró en su negocio

	Frecuencia	Factores de normalización	Frecuencia normalizada
Aprovechar una oportunidad de negocio	57.00	1.00	57.00
No tenía mejores opciones de trabajo	8.00	0.25	2.00
Una combinación de las 2 opciones anteriores	7.00	0.50	3.50
Tenía un trabajo pero buscó mejores oportunidades	35.00	1.00	35.00
Otros	7.00	0.25	1.75
Total	<b>114.00</b>		<b>99.25</b>

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta de la capacidad emprendedora de Baños.

*Normalización.-* Considerando la normalización donde el objetivo es un máximo se tiene:

$$NPVIV = \frac{99.25 - 28.50}{114 - 28.50} = 0.83$$

Valor del criterio: 0.83

### 8.3.3 Criterio ambiente empresarial

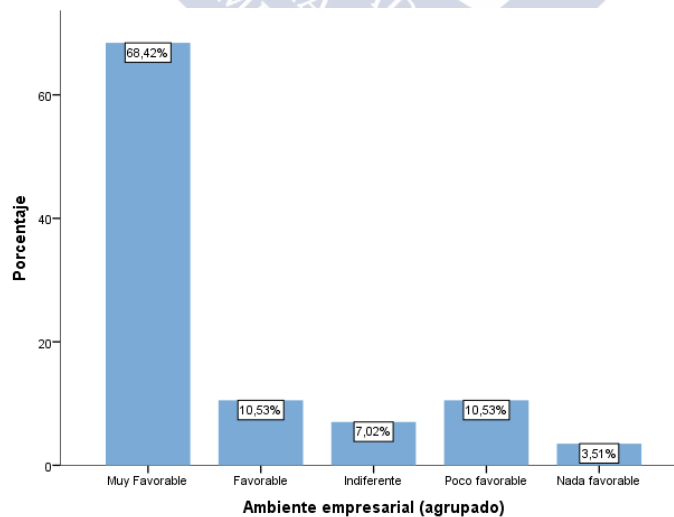
Es el resultado del análisis de la encuesta sobre la capacidad emprendedora. El análisis de actitud por categorías agrupadas clasifica las respuestas en cinco grupos: muy favorable, favorable, neutro, desfavorable y muy desfavorable. El análisis de confiabilidad presenta un Alpha de Cronbach de 0.817, lo que permite decir que los resultados son confiables. Los resultados del análisis visual agrupado de las categorías a, b, c y g son las siguientes:

Tabla 8.9 Frecuencias y porcentajes sobre criterios agrupados sobre ambiente empresarial.

	Frecuencia	Porcentaje	Valoración de criterio
Muy Favorable	78	68.4	78.0
Favorable	12	10.5	9.0
Indiferente	8	7	2.0
Poco favorable	12	10.5	0.0
Nada favorable	4	3.5	0.0
<b>Total</b>	<b>114</b>	<b>100</b>	<b>89.0</b>

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta de la capacidad emprendedora de Baños.

Considerando la agrupación realizada de cinco afirmaciones relacionadas con la percepción del ambiente empresarial, los resultados arrojan que el 68.4% lo consideran favorable, el 10.5% como favorable, y las percepciones de indiferente, poco favorable y nada favorable han agrupado alrededor del 21% (Gráfica 8.4).



Gráfica 8.4 Percepción de ambiente empresarial (agrupado).

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta de la capacidad emprendedora de Baños.

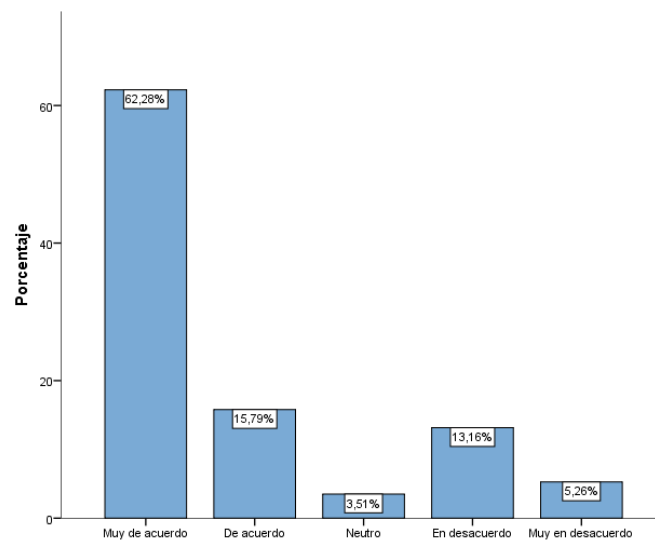
**Normalización.-** La valoración del criterio es de 89 sobre un máximo de 114. Considerando la normalización donde el objetivo es un máximo, se tiene:



$$NPVIV = \frac{89 - 0}{114 - 0} = 0.78$$

Valor del criterio: 0.78

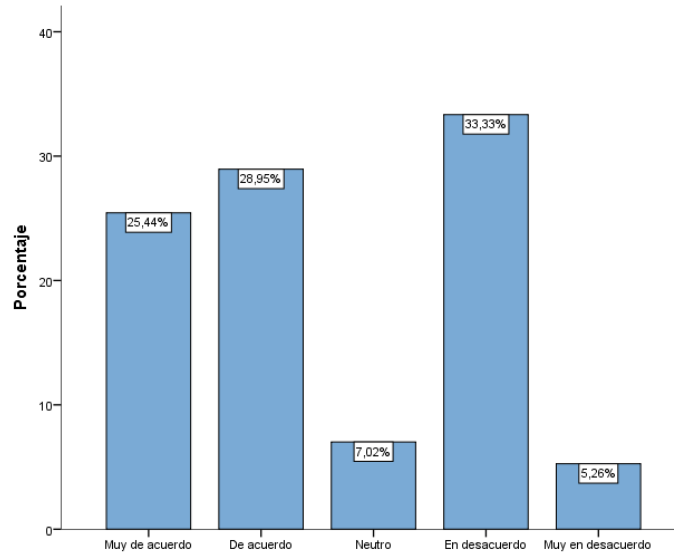
En detalle, este criterio se puede explicar de manera desagregada con cada una de las categorías tabuladas (Gráfica 8.5, 8.6, 8.7). Así, el 62.3% y el 15.8% de los encuestados están muy de acuerdo y de acuerdo respectivamente con la afirmación de que sus amigos valoran la actividad empresarial sobre otras. Las percepciones negativas de esta afirmación son del 18.5% (en desacuerdo y muy en desacuerdo) (Gráfica 8.6).



Gráfica 8.5 Nivel de acuerdo o desacuerdo con la afirmación de que la actividad empresarial es mejor que otras actividades, opinión amigos.

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta de la capacidad emprendedora de Baños.

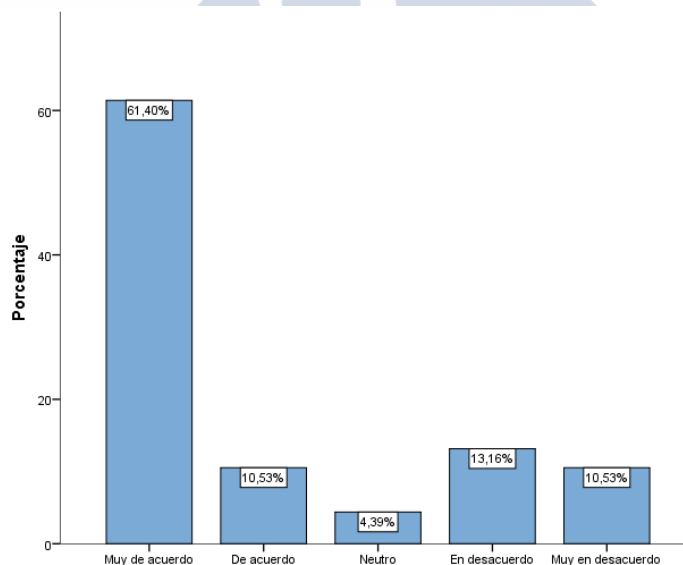
Por otra parte, el 25.4% y el 28.9% de los encuestados están muy de acuerdo y de acuerdo respectivamente con la afirmación de que la cultura del país es muy favorable para la actividad empresarial. Las percepciones negativas de esta afirmación son del 38.6% (en desacuerdo y muy en desacuerdo) (Gráfica 8.7).



Gráfica 8.6 Nivel de acuerdo o desacuerdo con la afirmación de que la cultura del país es muy favorable a la actividad empresarial.

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta de la capacidad emprendedora de Baños.

Finalmente, el 61.4% y el 10.5% de los encuestados están muy de acuerdo y de acuerdo respectivamente con la afirmación de que la actividad empresarial vale la pena (Gráfica 8.8), pese a los riesgos. Las percepciones negativas de esta afirmación son del 23.7% (en desacuerdo y muy en desacuerdo).



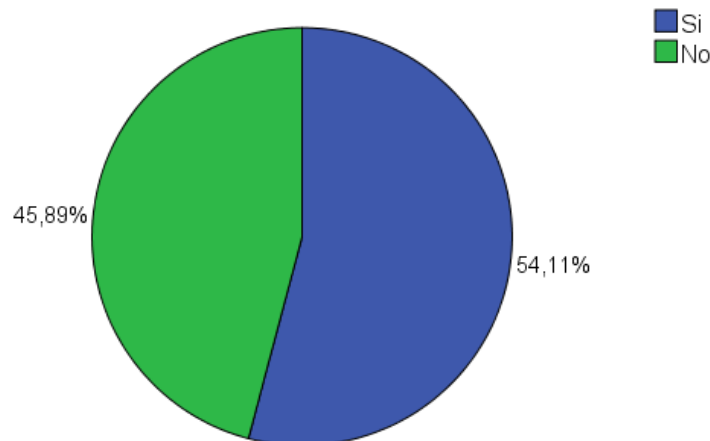
Gráfica 8.7 Nivel de acuerdo o desacuerdo con la afirmación de que la actividad empresarial vale la pena a pesar de los riesgos.

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta de la capacidad emprendedora de Baños.

### 8.3.4 Criterio comportamiento de la empresa frente al desastre

Es el resultado del análisis de la encuesta sobre resiliencia del sistema empresarial (Gráfica 8.8). En la pregunta se analiza cuál fue la respuesta de la empresa frente al comportamiento de los clientes en las etapas más críticas de la erupción del volcán

Tungurahua. La introducción de nuevos productos y servicios fue la respuesta del 54.1% de los encuestados.



Gráfica 8.8 Frente al comportamiento de los clientes en las etapas críticas de la erupción del volcán Tungurahua, ¿la empresa introdujo nuevos productos o servicios?

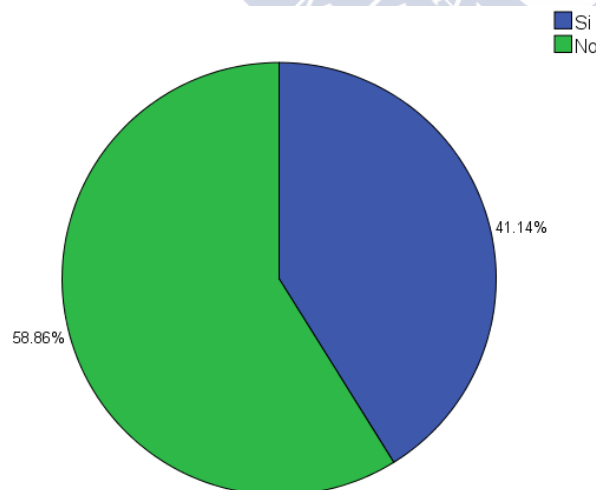
Fuente: Elaborado a partir de la encuesta de la resiliencia del sistema empresarial en Baños

*Normalización.-* Considerando la normalización donde el objetivo es un máximo, se tiene:

$$NPVIV = \frac{54.1 - 0}{100 - 0} = 0.54$$

Valor del criterio: 0.54

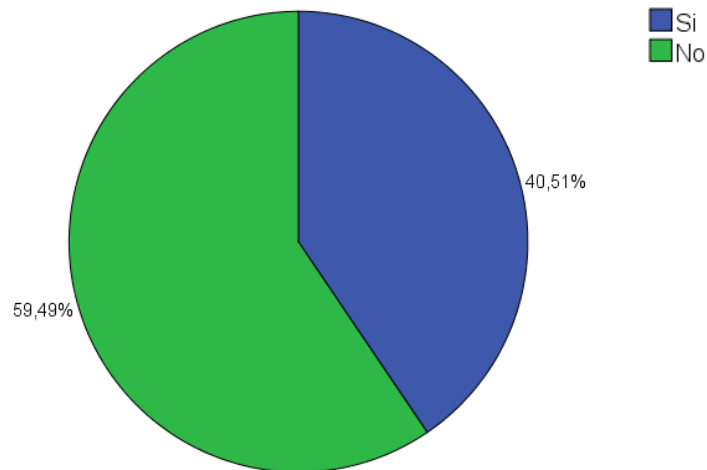
Los cambios y mejoras adoptados por las empresas en la ciudad de Baños para afrontar las consecuencias socioeconómicas derivadas de la erupción están evidenciados en el que el 41.1% de los encuestados utilizó ideas de otros negocios y las adoptó para su empresa (Gráfica 8.9).



Gráfica 8.9 El empresario utilizó ideas de otros negocios que las adaptó a su empresa

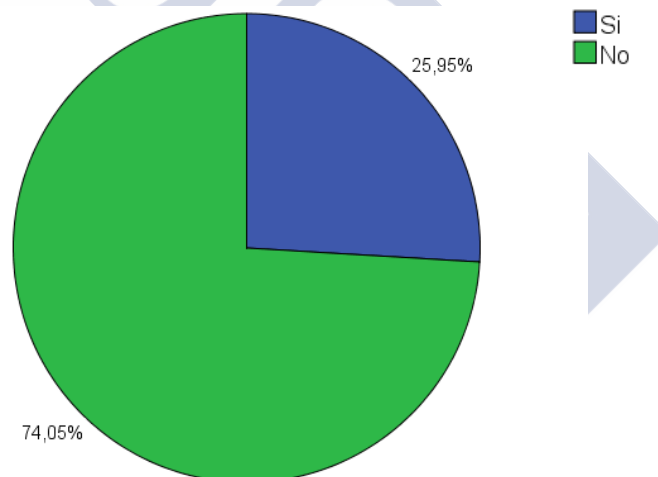
Fuente: Elaborado a partir de la encuesta del sistema empresarial de Baños.

Mientras que el 40.5% de los encuestados consideró para sus cambios y mejoras, ideas nuevas para Baños, pero que en otros lugares han dado Buenos resultados (Gráfica 8.10).



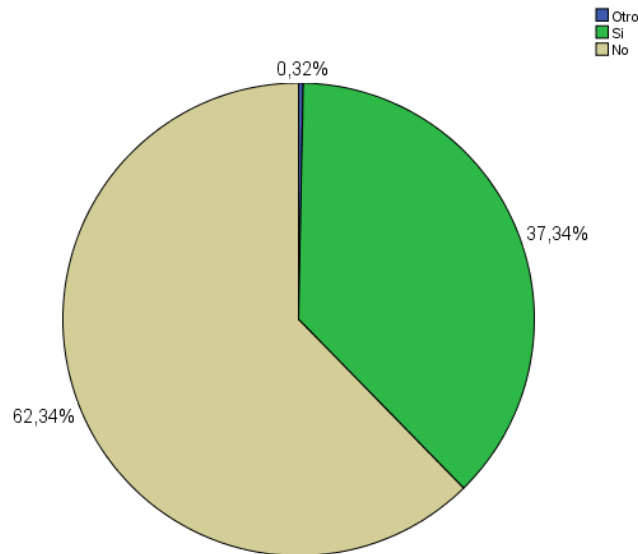
Gráfica 8.10 El empresario utilizó ideas que en otros lugares han dado buenos resultados  
Fuente: Elaborado a partir de la encuesta del sistema empresarial de Baños.

Por otro lado, el 25.9% planteó ideas nuevas que consideran no existían en Baños ni en otros lugares (Gráfica 8.11).



Gráfica 8.11 El empresario utilizó ideas nuevas que no existen en Baños ni en otros lugares  
Fuente: Elaborado a partir de la encuesta del sistema empresarial de Baños.

De modo adicional a esta información, se analiza en qué medida los problemas y riesgos ambientales en Baños obligaron a innovar, cambiar y mejorar en la empresa/negocio (Gráfica 8.12). Los resultados reflejan que el 37.7% de los encuestados consideran que los problemas y riesgos ambientales en Baños les obligaron a innovar, cambiar y mejorar su empresa/negocio.



Gráfica 8.12 Pregunta “¿los problemas y riesgos ambientales en Baños obligaron a innovar, cambiar y mejorar en la empresa/negocio?”

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta del sistema empresarial de Baños.

### 8.3.5 Criterio actividad empresarial femenina

Los datos provienen del Censo Nacional Empresarial 2010. Para Baños el total de establecimientos registrados es 1534, de los cuales el 46.35% tiene como propietario o gerente a un hombre y el 53.65% a una mujer. Los datos a nivel nacional en el mismo censo consideran 511130 establecimientos, de los cuales el 51.57% los propietarios son hombres, mientras que el 48.43% son mujeres. La predominancia de mujeres en actividades empresariales es mayor en el caso de Baños en contraposición al dato nacional.

*Normalización.*- Considerando la normalización por categoría, como el porcentaje de mujeres es superior al 50%, se califica al criterio con 1.

Valor del criterio: 1.00

### 8.3.6 Análisis unidimensional económico empresarial del cantón Baños

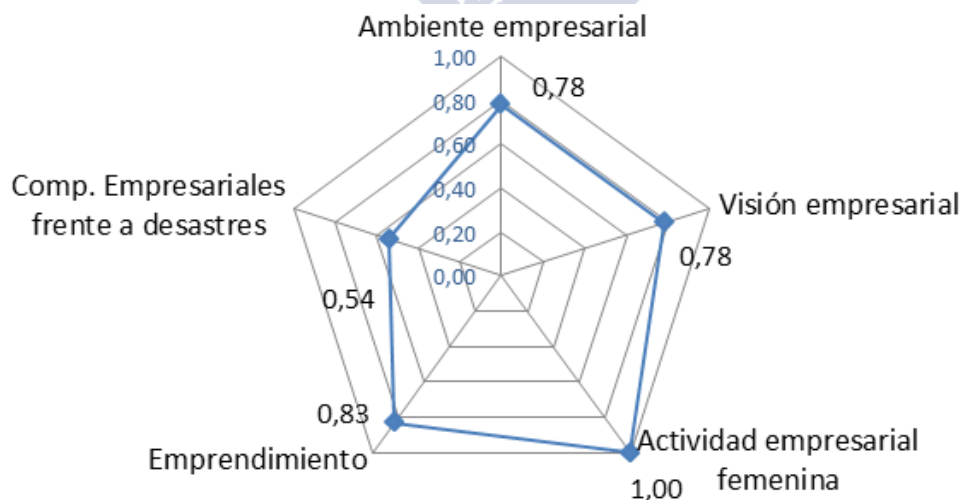
La dimensión económico-empresarial está compuesta por cinco criterios y presenta los siguientes estadísticos:

Tabla 8.10 Estadísticos descriptivos de la dimensión económico-empresarial para el modelo de análisis multidimensional de análisis de la resiliencia en Baños de Agua Santa

Estadístico		Valor	Error típ.
Media		0.78600	0.05389
Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	0.58167	
	Límite superior	0.99032	
Media recortada al 5%		0.78777	
Mediana		0.78000	
Varianza		0.02700	
Desv. típ.		0.16456	
Mínimo		0.54000	
Máximo		1.00000	
Rango		0.46000	
Amplitud intercuartil		0.25500	
Asimetría		- 0.46800	0.91300
Curtosis		1.82400	2.00000

De la información de la Tabla 8.10, se desprende que las calificaciones ponderadas de los criterios relacionados con la dimensión económico-empresarial de la ciudad de Baños tienen una media de 0.912 con una variabilidad de 0.1645. La mitad de las calificaciones están por debajo de 0.78; entre el criterio que tiene mayor calificación y el que tiene la menor hay una diferencia de 0.46. La distribución de las calificaciones ponderadas de los criterios presenta es asimétrica; es decir, no se comporta de manera normal. La prueba de normalidad es la Shapiro-Wilk y su valor es de 0.613.

La dimensión económico-empresarial es la mejor representación de modularidad (Gráfica 8.13). Este conjunto de criterios son los más relevantes dentro de la estructura de análisis de la resiliencia en Baños, con una media de 0.786. Se puede observar que la actividad empresarial femenina, el emprendimiento por oportunidad, el ambiente y la visión empresarial son los criterios mejor calificados.



Gráfica 8.13 Calificaciones normalizadas de los criterios en la dimensión económico-empresarial  
Fuente: Elaborado a partir de los datos unidimensionales de la dimensión económico-empresarial

La actividad empresarial femenina incrementa la diversidad de los ingresos del hogar y otorga a las familias capacidades de respuesta autónoma en casos en los que el sistema económico “formal” se ve afectado por el impacto de un desastre de origen natural. Este criterio en la población de Baños supera a la media nacional y, de acuerdo a opiniones de los pobladores, fue uno de los factores catalizadores para lograr la autoorganización luego del desastre provocado por el volcán Tungurahua. Debido a la actividad empresarial femenina, el ingreso de los hogares obtuvo redundancia económica en los tiempos de crisis, cuando las actividades laborales de dependencia, especialmente de los varones, se vieron afectadas.

El emprendimiento en Baños es visto como una oportunidad de desarrollo. Como tal, genera diversidad y redundancia económica al ampliar las fuentes de ingreso y empleo. Además, una actitud emprendedora enfocada en la oportunidad fomenta relaciones de proximidad social, organizacional y cognitiva en el interior de la población, así como con otras poblaciones con las que se establecen lazos comerciales y estratégicos. El emprendimiento ha sido una de las vías que ha permitido conectar a Baños, no solo con el resto del país, sino con el mundo. La población se caracteriza por tener una apertura sociocultural que ha sido permeable a culturas extranjeras que han encontrado en Baños un lugar para establecerse y desarrollar sus actividades económicas. Por otro lado, las relaciones que permiten establecer el turismo (principal actividad económica de la población) entre el visitante y la comunidad, dotan a esta última la posibilidad de establecer fuertes conexiones con otras realidades, cultura y visiones.

El ambiente empresarial y la visión empresarial posterior al desastre son dos factores que impulsan el desarrollo de la resiliencia en la dimensión económico-empresarial. El entorno de Baños considera positiva la actividad empresarial, lo que permite el desarrollo de emprendimientos que fortalecen la redundancia y diversidad económica de la población, al promoverse nuevas formas de trabajo, empleo y autoempleo. De igual forma, la visión positiva del empresario frente a las consecuencias del desastre actúa como catalizador en la modularidad del sistema empresarial, ya que plantea una visión de desarrollo a pesar de las circunstancias.

El comportamiento empresarial frente al desastre puede conllevar actitudes pasivas o proactivas. Baños demuestra lo segundo; frente al cambio provocado por el sistema ecológico, las empresas en su mayoría deciden introducir nuevos productos o servicios. Las ideas que fueron utilizadas para generar novedades o cambios en los productos y servicios ofertados por las empresas en esa localidad provienen principalmente de otros negocios y de otros lugares donde consideran han tenido éxito. Si bien la creación de nuevos productos y servicios fue una de las decisiones que en la mayoría de los casos los empresarios tomaron, existieron otras formas de enfrentar el *shock* producido por el desastre. Así, algunas empresas decidieron cambiar la calidad del producto o servicio, incrementar los gastos en marketing, cambiar los precios e inclusive cambiaron de línea de negocio.

## **8.4 Análisis sociorregional de Baños**

### **8.4.1 Criterio nivel de educación**

Los datos provienen del Censo Nacional de Población y Vivienda 2010, en el que se establece una media nacional de 4.32 años para el grado o año más alto que asiste o



asistió al sistema de educación, con una desviación estándar de 0.16, por lo que los rangos de análisis son:

Límite superior 4.48

Límite inferior 4.16

Rango 1 calificación 1. Mayor a 4.48

Rango 2 calificación 0.5. Menor a 4.48 y mayor a 4.16

Rango 3 calificación 0. Menor a 4.48

*Normalización.*- Considera el método de *z-score*; el promedio para el grado o años más alto que asiste o asistió en el sistema de educación para el cantón Baños es de 4.34, por lo que, dado los rangos la calificación que se asigna al criterio, es de 0.5.

Valor del criterio: 0.5

#### 8.4.2 Edad de la población

Sobre la base del Censo Nacional de Población 2010 se calcula el índice de Burgdofer.

$$\text{Índice de Burgdofer} = \frac{\text{Porcentaje de la población de 5 a 14 años}}{\text{Porcentaje de la población de 45 a 64 años}}$$

Tabla 8.11 Rangos de edad y población en Baños de Agua Santa

Edad	Valor	Total	Porcentaje
De 5 a 9 años	1809	3661	18.29%
De 10 a 14 años	1852		
De 45 a 49 años	1069	3271	16.34%
De 50 a 54 años	872		
De 55 a 59 años	730		
De 60 a 64 años	600		

Fuente: CENSO 2010

$$\text{Índice de Burgdofer} = 1,12$$

La relación entre el porcentaje de la población ubicada entre los rangos de 5 a 14 años y la población ubicada entre los 45 y 64 años es de 1.12, lo que indica que la población de Baños de Agua Santa es joven.

*Normalización.*- La normalización de este criterio es por categoría, por lo que, considerando que el valor del índice es superior a 1, la calificación del criterio es 1.

Valor del criterio: 1.00

#### 8.4.3 Criterio discapacidades

Los datos del Consejo para la Igualdad de Discapacidades (CONADIS, 2016) registran 626 personas con discapacidades en el cantón. Considerando la proyección de la población de Baños al 2016 que, de acuerdo al INEC, es de 23273 habitantes, el porcentaje de discapacidad de la población es del 2.68%, mientras que a nivel nacional el porcentaje se sitúa en el 5.63%.

*Normalización.*- Utilizando normalización *min-max* siendo el objetivo un mínimo, se tiene:

$$NDIS = \frac{100 - 2.68}{100 - 0} = 0.97$$

Valor del criterio: 0.97

#### 8.4.4 Criterio género

Utilizando los datos de la encuesta sobre resiliencia comunitaria se tiene lo siguiente:

Tabla 8.12 *Contingencia entre grado de preparación que tienen la familia y género del jefe de hogar*

		¿Cuál es su género?			Valoración criterio
		Masculino	Femenino	Total	
¿Cuál considera usted que es el grado de preparación que tiene su familia frente a un desastre de origen natural?	Muy Alto	13	26	39	26
	Alto	67	114	181	86
	Bajo	26	37	63	9
	Muy bajo	3	4	7	0
Total		109	181	290	121

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre resiliencia comunitaria en Baños.

El 14.36% y el 62.3% de las mujeres jefes de familia califican como muy alto y alto respectivamente el grado de preparación que tiene su familia frente a un desastre de origen natural, el 22.65% de las mujeres jefes de hogar consideran bajo y muy bajo su nivel de preparación.

*Normalización.*- Considerando la normalización donde el objetivo es un máximo se tiene:

$$NPVIV = \frac{121 - 0}{181 - 0} = 0.66$$

Valor del criterio: 0.66

#### 8.4.5 Criterio educación básica

Los datos provienen del Censo Nacional de Población y Vivienda 2010, en el que se establece una media nacional calculada por cantones de la tasa de analfabetismo de 9.80%, con una desviación estándar de 5%. Se establecen así a través del método *z-score* los rangos de análisis, que son:

Límite superior 14.80

Límite inferior 4.81

Rango 1 calificación 0. Mayor a 14.80

Rango 2 calificación 0.5. Menor a 14.80 y mayor a 4.81

Rango 3 calificación 1. Menor a 4.81

La tasa de analfabetismo para el cantón Baños es de 3.74% que es menor a la tasa nacional y menor a la de la provincia a la cual pertenece que registra para el 2010 un valor del 7.47%.

*Normalización.*- La tasa de analfabetismo para el cantón Baños es de 3.74%, por lo que, dada la normalización la calificación que se asigna al criterio es de 1.

Valor del criterio: 1.00

#### 8.4.6 Criterio ocupación de la población

Los datos son obtenidos del Censo Nacional de Población y Vivienda 2010, en el que se establece que el porcentaje de la población dentro de la clasificación por grupos de ocupación que integran las categorías de técnicos, profesionales de nivel medio, profesionales, científicos, intelectuales, directores y gerentes, a nivel nacional es 13.8%. Para el caso de Baños se tiene una proporción del 13.29% y a nivel provincial (provincia de Tungurahua) es de 8.88%. Considerando las categorías de normalización, el 13.29% corresponde a la calificación de 0.5.

Valor del criterio: 0.5

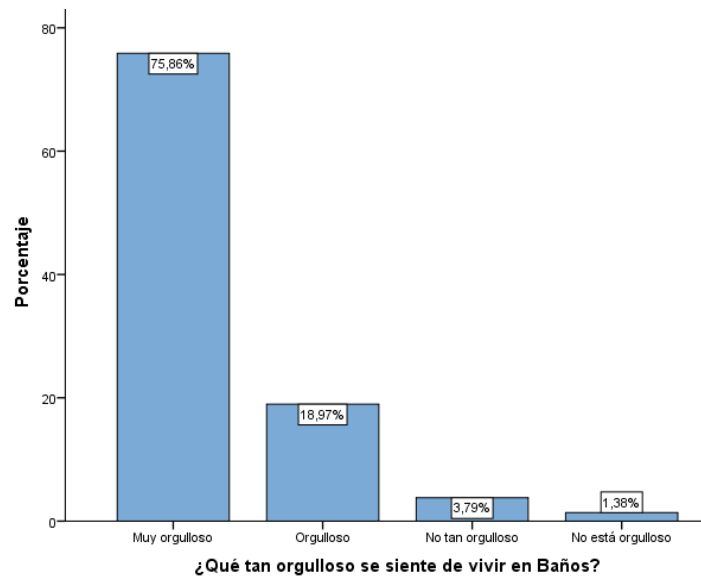
#### 8.4.7 Criterio identidad

Utilizando los datos de la encuesta sobre resiliencia comunitaria, se tiene lo siguiente (Tabla 8.13 y Gráfica 8.14):

Tabla 8.13 Frecuencias y porcentajes sobre el nivel de orgullo de vivir en Baños - jefes de hogar.

	Frecuencia	Porcentaje	Valoración de criterio
Muy orgulloso	220	75.9	220
Orgulloso	55	19	41.25
No tan orgulloso	11	3.8	2.75
No está orgulloso	4	1.4	0
<b>Total</b>	<b>290</b>	<b>100</b>	<b>264</b>

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria de Baños.



Gráfica 8.14 Pregunta a los jefes de familia ¿Qué tan orgullosos se siente de vivir en Baños? -jefes de hogar

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria de Baños.

El 75.9% y el 19% de los jefes de familia encuestados se sienten muy orgullosos y orgullosos de vivir en la ciudad de Baños de Agua Santa, el 5.2% de los encuestados no está tan orgullosos y no están orgullosos de vivir en esta ciudad.

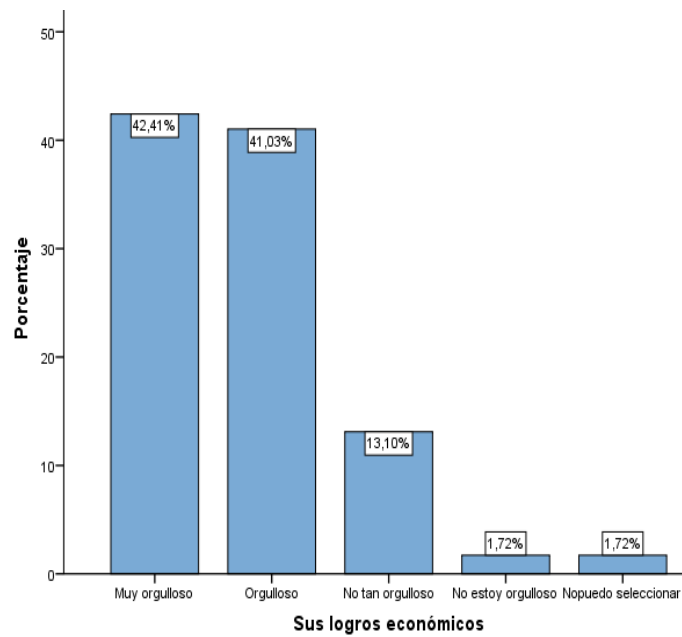
*Normalización.-* La valoración del criterio es de 209 sobre un máximo de 290. Considerando la normalización donde el objetivo es un máximo, se tiene:

$$NPVIV = \frac{209 - 0}{290 - 0} = 0.72$$

Valor del criterio: 0.72

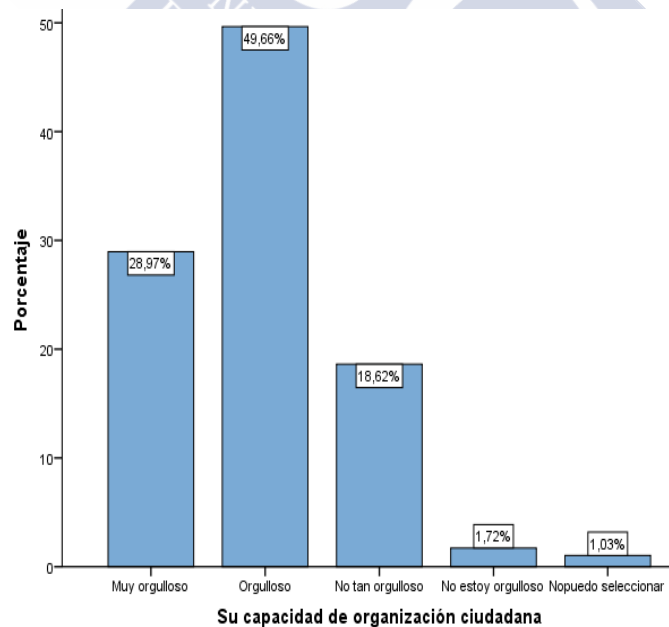
Existen algunos aspectos que pueden describir de manera más detallada las razones por las cuales un poblador de esa ciudad se puede sentir orgulloso. Así:

Por los logros económicos de la ciudad, el 42.4% y el 41.0% de los encuestados se sienten muy orgullosos y orgullosos respectivamente, un 14.8% indica sentirse no tan orgullosos o no estar orgullosos de este aspecto. Un 1.7% de los encuestados no seleccionó ninguna opción de la escala de Likert (Gráfica 8.15).



**Gráfica 8.15** Orgullo de la población de Baños por los logros económicos de la ciudad.  
Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria de Baños.

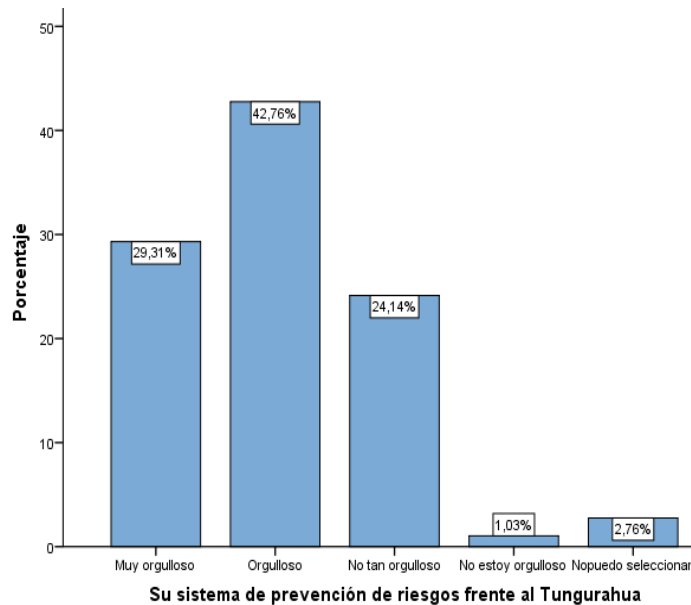
Por la capacidad de organización ciudadana (Gráfica 8.16), el 29% y el 49.7% de los encuestados se sienten muy orgullosos y orgullosos respectivamente, un 20% indica sentirse no tan orgullosos o no estar orgullosos de este aspecto. Un 1% de los encuestados no seleccionó ninguna opción de la escala de Likert.



**Gráfica 8.16** Orgullo de la población de Baños por su capacidad de organización ciudadana  
Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria de Baños.

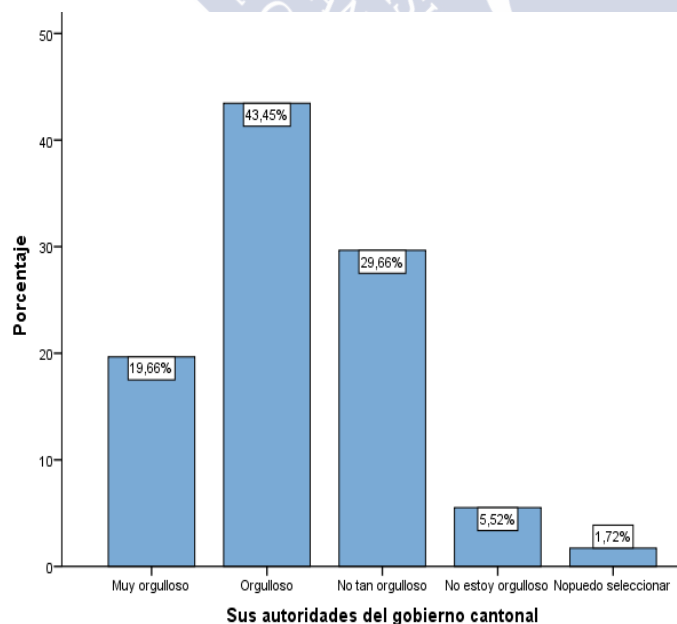
Por su sistema de prevención de riesgos (Gráfica 8.17), el 29.3% y el 42.8% de los encuestados se sienten muy orgullosos y orgullosos respectivamente, un 25.1% indica sentirse

no tan orgullosos o no estar orgullosos de este aspecto. Un 2.8% de los encuestados no seleccionó ninguna opción de la escala de Likert.



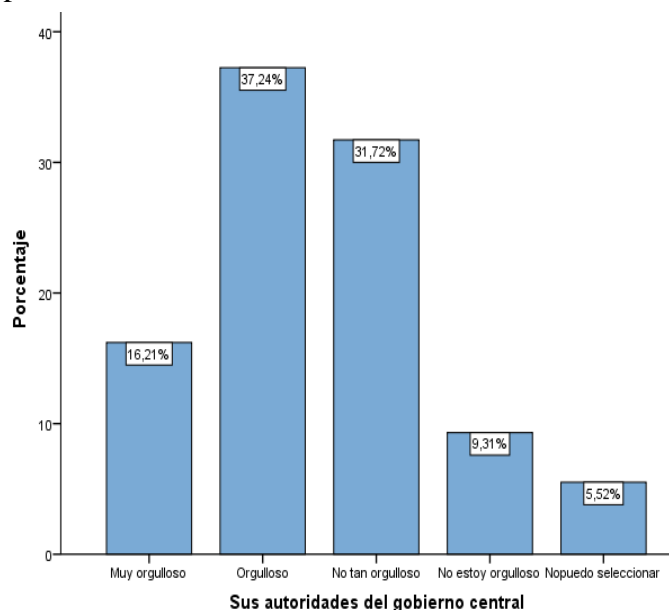
**Gráfica 8.17** Orgullo de la población de Baños por su sistema de prevención de riesgos  
Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria de Baños.

De sus autoridades del gobierno cantonal (Gráfica 8.18), el 19.7% y el 43.4% de los encuestados se sienten muy orgullosos y orgullosos respectivamente, un 35.2% indica sentirse no tan orgullosos o no estar orgullosos de este aspecto. Un 1.7% de los encuestados no seleccionó ninguna opción de la escala de Likert.



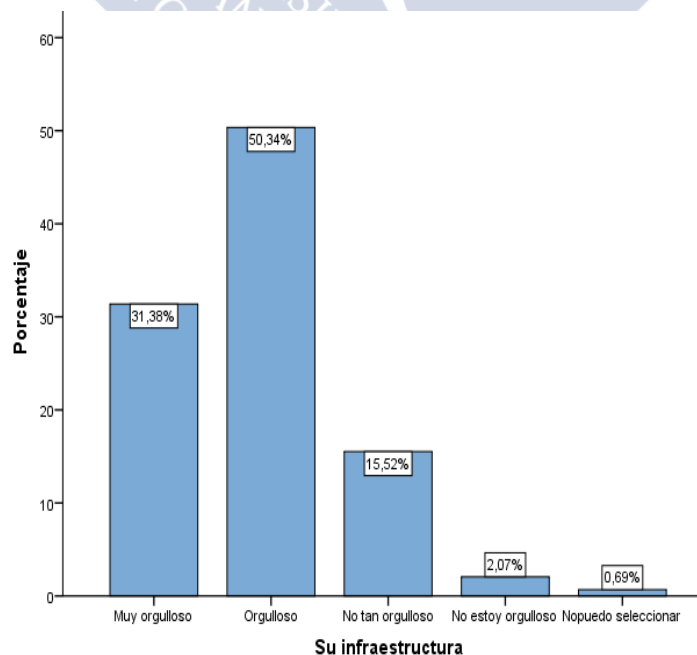
**Gráfica 8.18** Orgullo de la población de Baños de sus autoridades cantonales  
Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria de Baños.

De sus autoridades del gobierno central (Gráfica 8.19), el 16.2% y el 37.2% de los encuestados se sienten muy orgullosos y orgullosos respectivamente, un 41% indica sentirse no tan orgullosos o no estar orgullosos de este aspecto. Un 5.5% de los encuestados no seleccionó ninguna opción de la escala de Likert.



**Gráfica 8.19** Orgullo de la población de Baños de sus autoridades del gobierno central  
Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria de Baños.

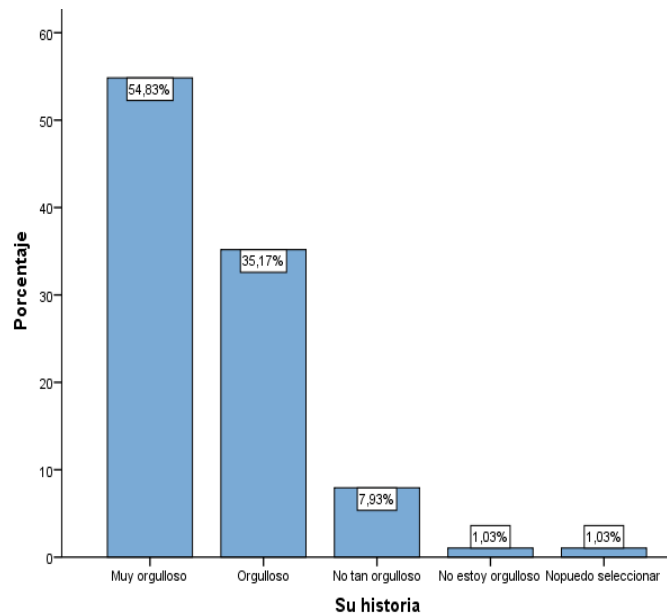
De su infraestructura (Gráfica 8.20), el 31.4% y el 50.3% de los encuestados se sienten muy orgullosos y orgullosos respectivamente, un 17.6% indica sentirse no tan orgullosos o no estar orgullosos de este aspecto. Un 0.7% de los encuestados no seleccionó ninguna opción de la escala de Likert.



**Gráfica 8.20** Orgullo de la población de Baños de su infraestructura  
Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria de Baños.



Finalmente, de su historia (Gráfica 8.21), el 54.8% y el 35.2% de los encuestados se sienten muy orgullosos y orgullosos respectivamente, un 8.9% indica sentirse no tan orgullosos o no estar orgullosos de este aspecto. Un 1% de los encuestados no seleccionó ninguna opción de la escala de Likert.



Gráfica 8.21 Orgullo de la población de Baños por su historia

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria de Baños.

#### 8.4.8 Criterio cobertura del seguro de salud

Para este criterio se utilizan los datos del Censo Nacional de Población y Vivienda 2010 en lo referente a la población que tiene cobertura de la seguridad social, que para el cantón Baños es el 23.77%.

Más allá de la cobertura del seguro de salud, que está incorporado en los beneficios de la seguridad social (pública), a través de ella la población tiene acceso a una serie de beneficios que pueden ser utilizados a manera de contingencias en caso de ser afectados por desastres de origen natural. Es así que pueden optar por seguro de desempleo, préstamos quirografarios, prendarios e hipotecarios, entre otros; además, considerando la legislación ecuatoriana, el beneficio de cobertura de seguro de salud se amplía a la familia, esposa e hijos menores de 18 años. El porcentaje de cobertura de la seguridad social a través de aporte o afiliación a nivel país es del 21.67%.

*Normalización.*- Utilizando la normalización *min-max* siendo el objetivo un máximo, donde el límite superior es 100 y el inferior 0, se tiene:

$$NDIS = \frac{23.77 - 0}{100 - 0} = 0.23$$

Valor del criterio: 0.23

#### 8.4.9 Criterio cobertura médica

Considerando los datos de las Estadísticas de Camas y Egresos Hospitalarios del INEC para 2013, se identifican 44 médicos para la atención del cantón; es decir, considerando la proyección censal de la población a ese año, que corresponde a 21978 habitantes, el indicador de cobertura médica es de 20 médicos por cada 10000 habitantes. La OMS establece que el mínimo requerido de profesionales para la salud por cada 10000 habitantes es de 23. Ecuador registra un ratio de 1.6 médicos por cada 10000 habitantes.

*Normalización.*- La normalización es por categoría y considerando que el resultado de 20 médicos por cada 10000 habitantes es menor que el determinado por la OMS (23 médicos por cada 10000 habitantes) la calificación del criterio es 0.

Valor del criterio: 0

#### 8.4.10 Criterio influencia religiosa

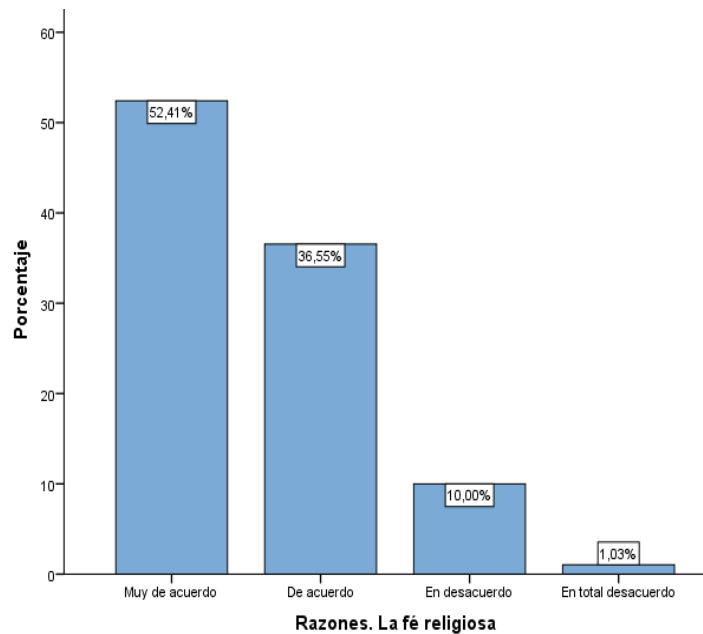
Considerando la encuesta de resiliencia comunitaria, que plantea que la fe religiosa es una de las razones para que Baños continúe desarrollándose a pesar de las erupciones del volcán Tungurahua, se tienen los siguientes resultados:

Tabla 8.14 Frecuencias y porcentajes de pobladores que consideran que la fe religiosa es una de las razones para que Baños continúe desarrollándose a pesar de las erupciones del volcán Tungurahua

	Frecuencia	Porcentaje	Valoración de criterio
Muy de acuerdo	152	52.4	152.0
De acuerdo	106	36.6	53.0
En desacuerdo	29	10.0	0.0
En total desacuerdo	3	1.0	0.0
<b>Total</b>	<b>290</b>	<b>100.0</b>	<b>205.0</b>

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria de Baños.

El 52.41% y el 36.55% están de muy de acuerdo y de acuerdo en que la fe religiosa es una de las razones por las cuales Baños continúa desarrollándose a pesar de las erupciones del volcán Tungurahua, en desacuerdo o en total desacuerdo a esta afirmación se presenta en el 11.03% de los encuestados (Gráfica 8.22).



**Gráfica 8.22** La fe religiosa es una de las razones para que Baños continúe desarrollándose a pesar de las erupciones del volcán Tungurahua

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria de Baños.

*Normalización.-* La valoración del criterio es de 205 sobre un máximo de 290. Considerando la normalización donde el objetivo es un máximo se tiene:

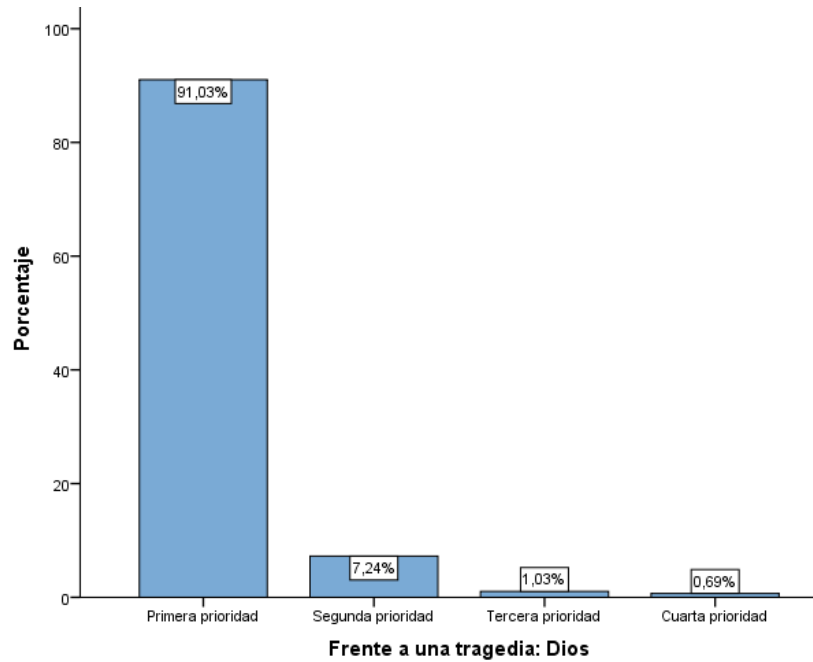
$$NPVIV = \frac{205 - 0}{290 - 0} = 0.70$$

Valor del criterio: 0.70

Para ampliar la descripción de este criterio se tiene la pregunta:

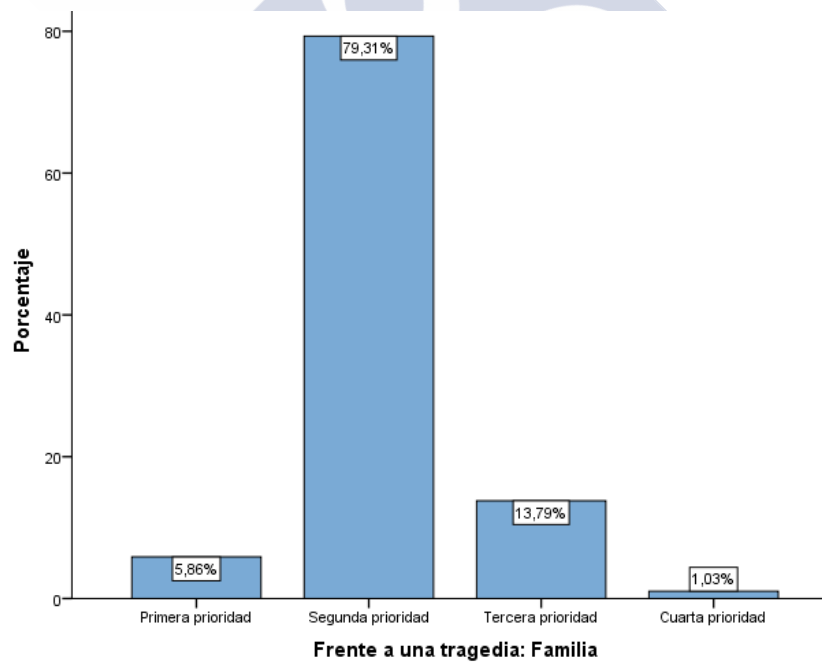
- a) Frente a una tragedia personal o familiar, usted acude por ayuda a... (ordene por prioridades siendo 1 más importante y 4 menos importante): Dios, familia, profesionales especialistas, amigos.

El 91% de los encuestados acuden como primera prioridad a Dios para buscar ayuda frente a una tragedia personal o familiar (Gráfica 8.23).



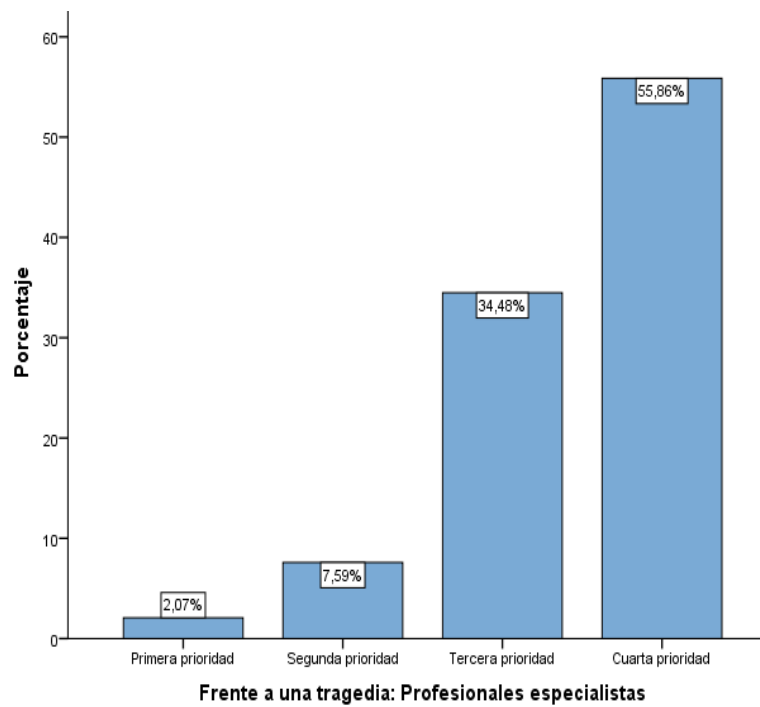
Gráfica 8.23 Prioridad para acudir en busca de ayuda luego de un desastre, opción Dios.  
Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria de Baños.

La familia como segunda prioridad cuando ha sufrido una tragedia alcanza el 79.31% de las respuestas de los encuestados (Gráfica 8.24).



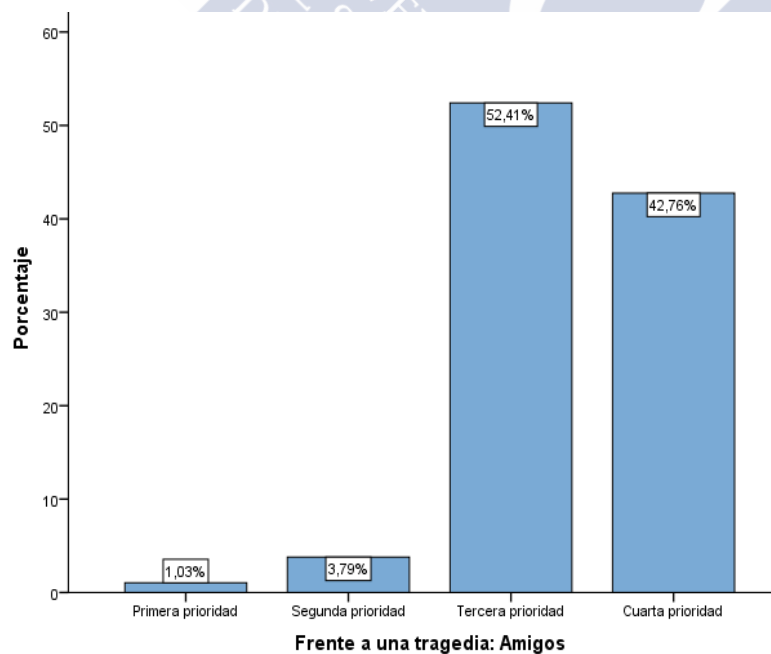
Gráfica 8.24 Prioridad para acudir en busca de ayuda luego de un desastre, opción familia.  
Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria de Baños.

Con un 34.5% y un 55.9% los encuestados determinan como tercera y cuarta prioridad respectivamente el acudir en busca de ayuda a un profesional especialista cuando han sufrido una tragedia personal o familiar, mientras que el 2.07% lo considera como primera prioridad (Gráfica 8.25).



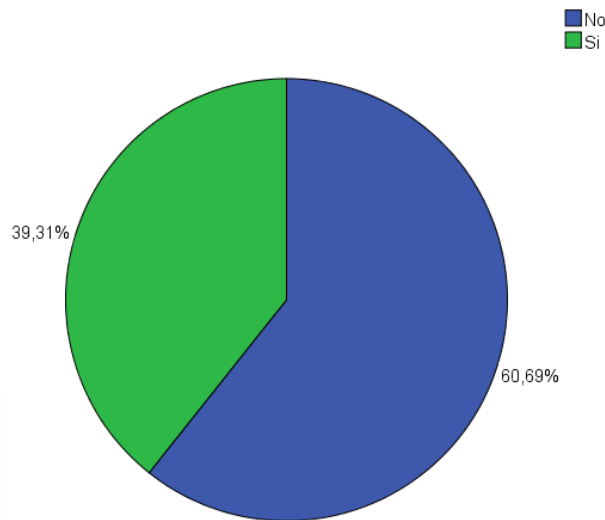
*Gráfica 8.25* Prioridad para acudir en busca de ayuda luego de un desastre, opción profesionales especialistas.  
Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria de Baños.

Los amigos con un 52.4% y un 42.8% son la tercera y cuarta prioridad respectivamente a la cual acudirían los encuestados si requieren ayuda frente a una tragedia personal o familiar (Gráfica 8.26).



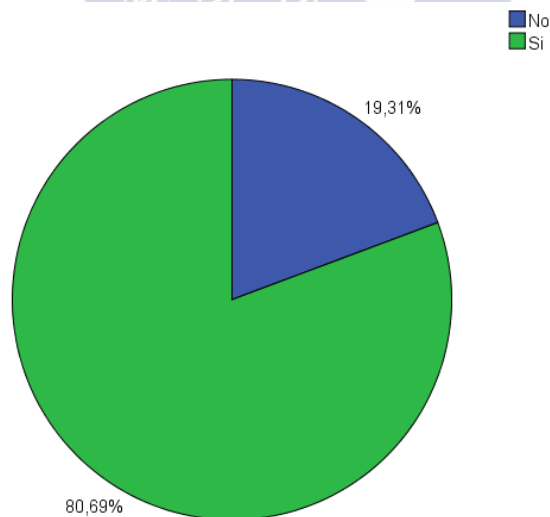
*Gráfica 8.26* Prioridad para acudir en busca de ayuda luego de un desastre, opción amigos.  
Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria de Baños.

Es posible encontrar mayores detalles sobre este criterio cuando se hace un análisis de la visión que tienen los encuestados sobre el origen del desastre (Gráfica 8.27), de la siguiente manera. Frente a la pregunta relacionada con por quién cree que ha sido determinada la erupción del volcán Tungurahua, y considerando las afirmaciones “a) Determinado por Dios”, “b) Determinado por los ciclos de la naturaleza” o “c) Determinado por la influencia del hombre”, los resultados indican que el 39.31% de los encuestados considera que la erupción volcánica ha sido determinada por Dios y, por el contrario, el 60.69 % no lo considera así.



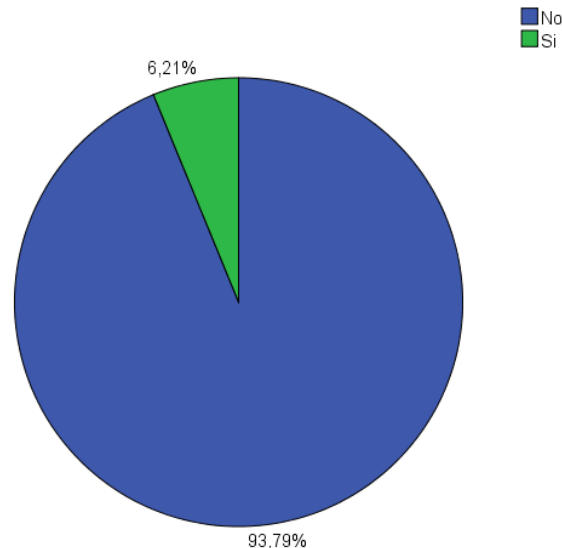
Gráfica 8.27 Sobre afirmación: La erupción del volcán Tungurahua ha sido determinado por Dios  
Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria de Baños.

Por otra parte se tiene que el 80.7% de los encuestados considera que la erupción volcánica ha sido determinada por los ciclos de la naturaleza (Gráfica 8.28).



Gráfica 8.28 Sobre afirmación: La erupción del volcán Tungurahua ha sido determinado por los ciclos de la naturaleza  
Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria de Baños.

Finalmente, el 93.79% de los encuestados considera que la erupción volcánica no fue determinada por el hombre, mientras que existe un 6.21% que considera que se debió a la influencia humana (Gráfica 8.29).



Gráfica 8.29 Sobre afirmación “La erupción del volcán Tungurahua ha sido determinado por la influencia del hombre”

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria de Baños.

#### 8.4.11 Criterio identidad del empresario con el territorio

Este criterio se analiza en base a la encuesta de resiliencia del sistema empresarial. Los resultados son los siguientes:

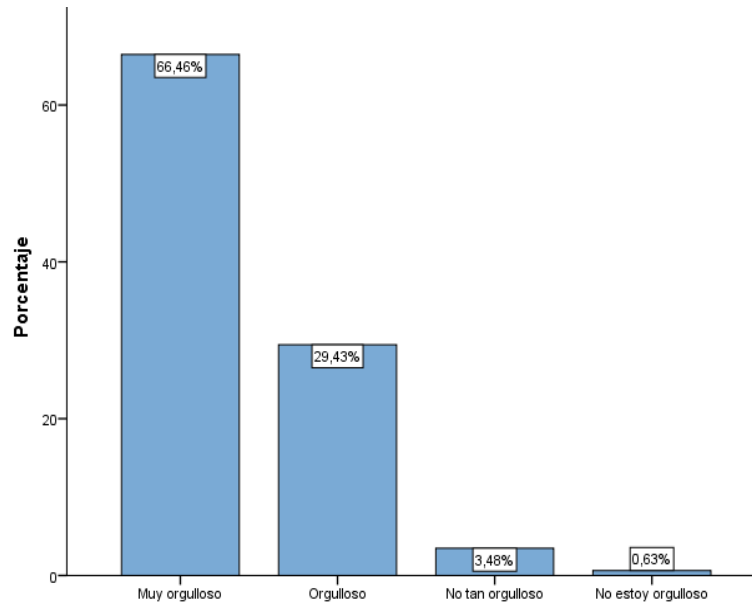
Tabla 8.15 Frecuencias y porcentajes sobre nivel de orgullo del empresario de vivir en la ciudad de Baños

	Frecuencia	Porcentaje	Valoración de criterio
Muy orgulloso	210	66.5	210.0
Orgulloso	93	29.4	69.8
No tan orgulloso	11	3.5	2.8
No estoy orgulloso	2	0.6	0.0
<b>Total</b>	<b>316</b>	<b>100.0</b>	<b>282.5</b>

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia del sistema empresarial de Baños.

El 66.45% y el 29.43% de los encuestados se sienten muy orgullosos y orgullosos respectivamente de vivir en Baños de Agua Santa, mientras que un 4.11% está no tan orgulloso o no está orgulloso (Gráfica 8.30).





Gráfica 8.30 Sobre la pregunta “Qué tan orgullosos se siente usted de vivir en Baños de Agua Santa”  
Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia del sistema empresarial de Baños.

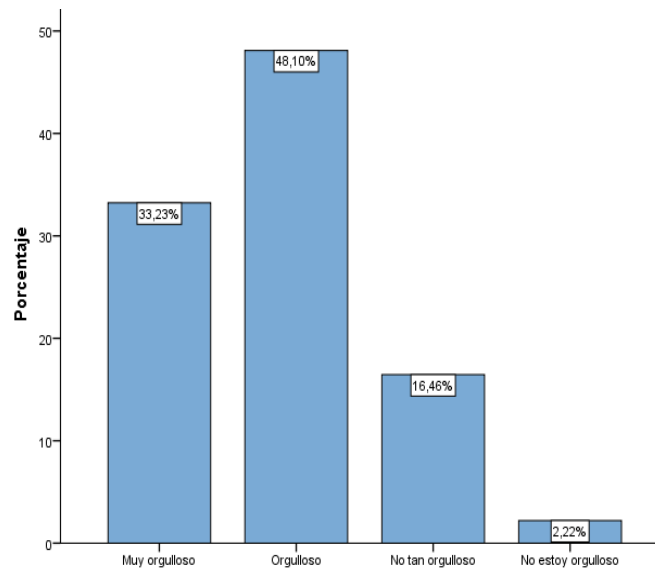
*Normalización.-* La valoración del criterio es de 282.50 sobre un máximo de 316. Considerando la normalización donde el objetivo es un máximo, se tiene:

$$NPVIV = \frac{282.5 - 0}{316 - 0} = 0.89$$

Valor del criterio: 0.89

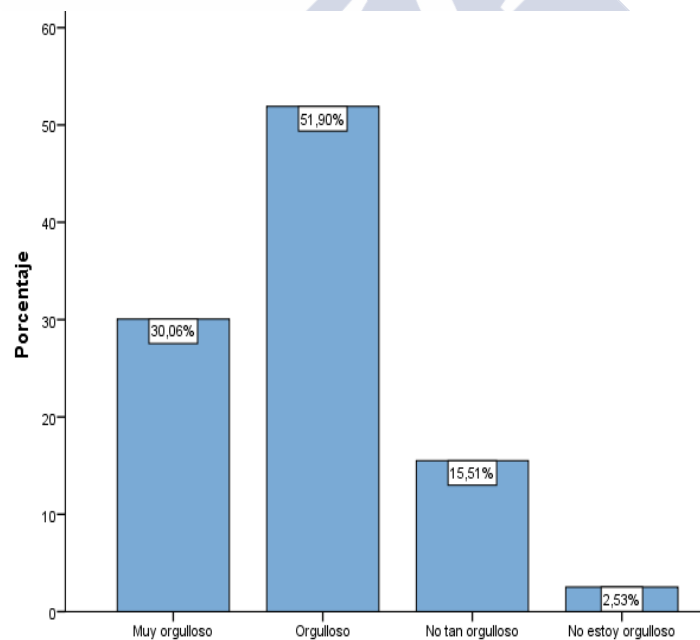
Con el fin de ampliar la descripción de este criterio se analiza qué tan orgulloso se siente el empresario baneño en los diversos temas.

Sobre sus logros económicos (Gráfica 8.31), el 33.23% y el 48.10% de los empresarios encuestados se sienten muy orgullosos y orgullosos respectivamente de los logros económicos de la ciudad de Baños; un 18.68% no está tan orgullosos o no lo están de estos logros.



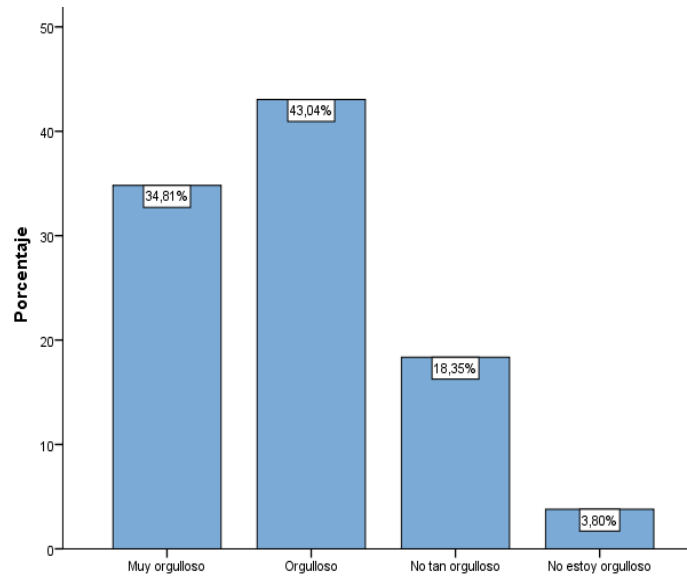
**Gráfica 8.31** Orgullo de los empresarios de Baños sobre los logros económicos de la ciudad.  
Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia del sistema empresarial de Baños.

Sobre la organización ciudadana (Gráfica 8.32), el 30.1% y el 51.9% de los empresarios encuestados están muy orgullosos u orgullosos respectivamente de la capacidad de organización ciudadana que tiene Baños de Agua Santa; 18.04% no está tan orgulloso o no está orgulloso de esa capacidad.



**Gráfica 8.32** Orgullo de los empresarios de Baños sobre la capacidad de organización de la ciudad.  
Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia del sistema empresarial de Baños.

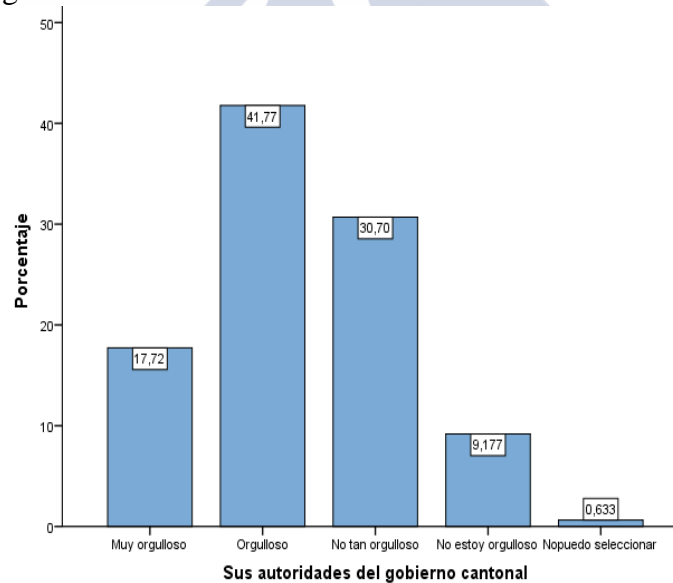
Sobre el sistema de prevención de riesgos frente al volcán (Gráfica 8.33), el 34.81% y el 43.04% de los empresarios encuestados están muy orgullosos u orgullosos respectivamente del sistema de prevención de riesgos frente al volcán Tungurahua que tiene Baños de Agua Santa; el 22.15% no está tan orgulloso o no está orgulloso del sistema.



**Gráfica 8.33** Orgullo de los empresarios de Baños sobre su sistema de prevención de riesgos frente al Tungurahua

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia del sistema empresarial de Baños.

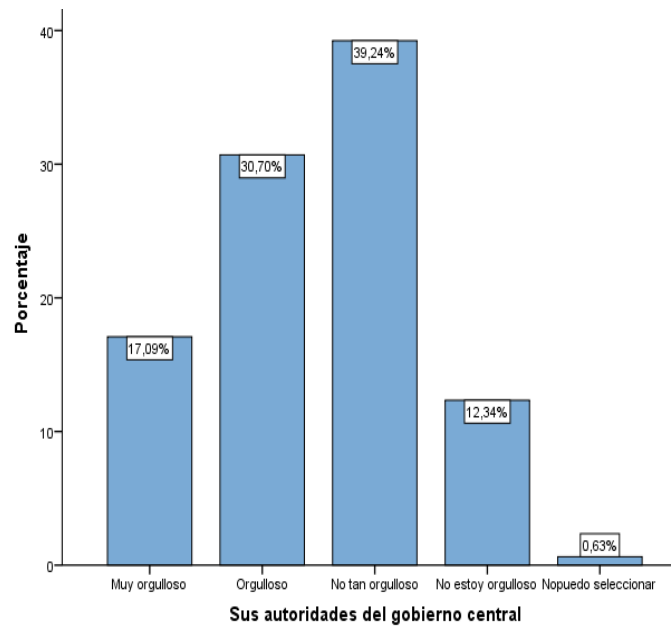
Sobre las autoridades del gobierno cantonal (ver Gráfica 8.34), el 17.72% y el 41.77% de los empresarios encuestados están muy orgullosos u orgullosos respectivamente de sus autoridades del gobierno cantonal que tiene Baños de Agua Santa, 39.87% no está tan orgulloso o no está orgulloso.



**Gráfica 8.34** Orgullo de los empresarios de Baños sobre las autoridades del gobierno cantonal.

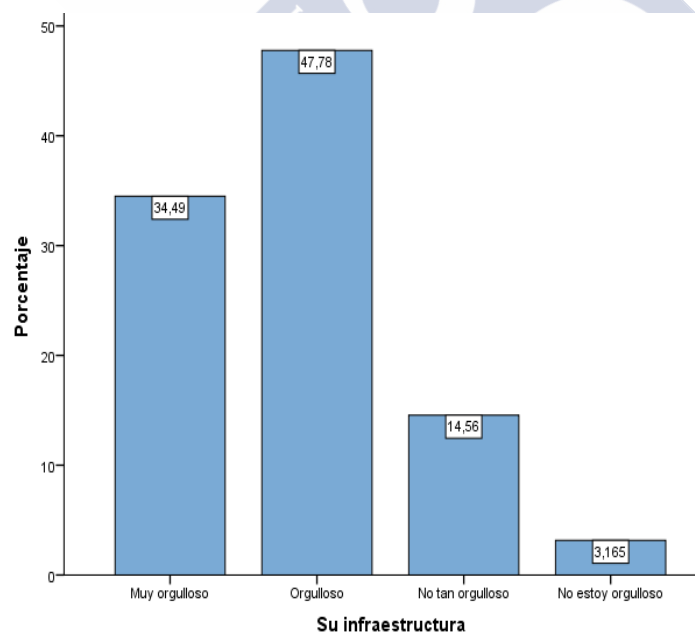
Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia del sistema empresarial de Baños.

Sobre las autoridades del gobierno central (Gráfica 8.35), el 17.09% y el 30.70% de los empresarios encuestados están muy orgullosos u orgullosos respectivamente de sus autoridades del gobierno central que tiene Baños de Agua Santa; el 51.58 % no está tan orgulloso o no está orgulloso.



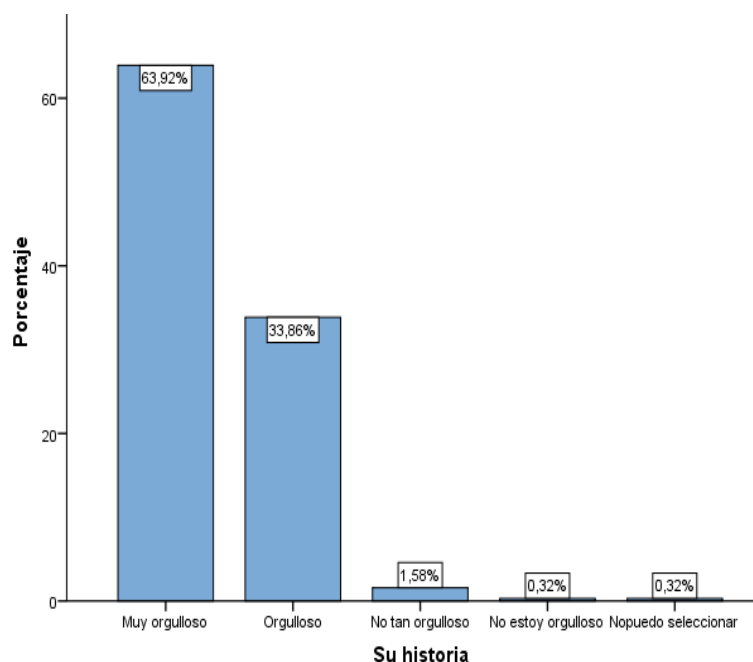
*Gráfica 8.35* Orgullo de los empresarios de Baños sobre autoridades del gobierno central  
Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia del sistema empresarial de Baños.

Respecto de su infraestructura (Gráfica 8.36), el 34.49% y el 47.78% de los empresarios encuestados están muy orgullosos u orgullosos respectivamente de la infraestructura que tiene Baños de Agua Santa; el 17.72% no está tan orgulloso o no está orgulloso.



*Gráfica 8.36* Orgullo de los empresarios de Baños sobre la infraestructura del cantón  
Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia del sistema empresarial de Baños.

Finalmente, sobre su historia (Gráfica 8.37), el 63.92% y el 33.86% de los empresarios encuestados están muy orgullosos u orgullosos respectivamente de la historia que tiene Baños de Agua Santa; el 1.9% no está tan orgulloso o no está orgulloso de esta.



Gráfica 8.37 Orgullo de los empresarios de Baños sobre la historia de la ciudad

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia del sistema empresarial de Baños.

#### 8.4.12 Criterio vulnerabilidad social

El criterio de vulnerabilidad social considera el indicador cantonal de pobreza por necesidades insatisfechas que es del 44.6%. El indicador para este índice a nivel nacional es del 56.15% y a nivel de la provincia del Tungurahua es del 55.22%.

*Normalización.*- Considerando la normalización donde el objetivo es un mínimo se tiene:

$$NPVIV = \frac{100 - 44.6}{100 - 0} = 0.55$$

Valor del criterio: 0.55

#### 8.4.13 Análisis unidimensional sociorregional del cantón Baños

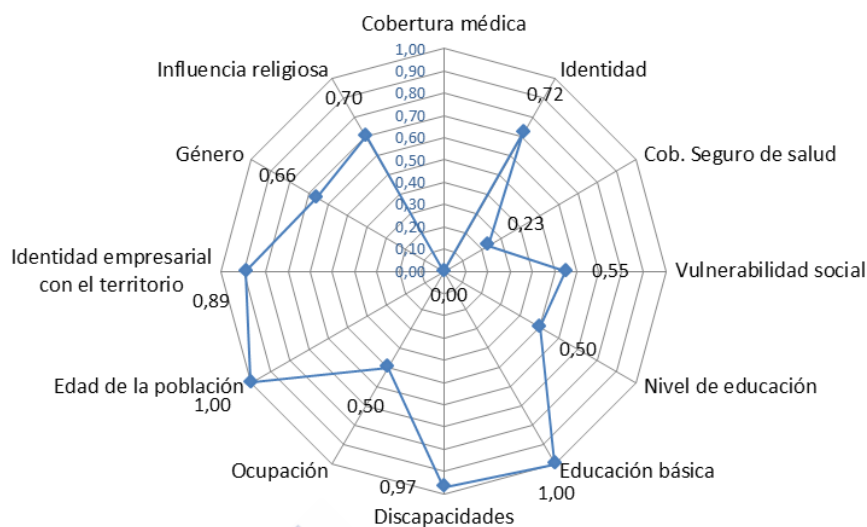
La dimensión sociorregional está compuesta por doce criterios y presenta los siguientes estadísticos:

Tabla 8.16 Estadísticos descriptivos de la dimensión sociorregional para el modelo de análisis multidimensional de análisis de la resiliencia en Baños de Agua Santa

Estadístico		Valor	Error típ.
Media		0.64333	0.08986
Intervalo de confianza	Límite inferior	0.44555	
para la media al 95%	Límite superior	0.84111	
Media recortada al 5%		0.65926	
Mediana		0.68000	
Varianza		0.09690	
Desv. Típ.		0.31128	
Mínimo		-	
Máximo		1.00000	
Rango		1.00000	
Amplitud intercuartil		0.45000	
Asimetría		- 0.7317	0.63730
Curtosis		0.14399	1.23225

De la información de la Tabla 8.16, se desprende que las calificaciones de los criterios relacionados con la dimensión sociorregional de la ciudad de Baños tienen una media de 0.6433 con una variabilidad de 0.3112. La mitad de las calificaciones están por debajo de 0.68; entre el criterio que tiene mayor calificación y el que tiene la menor hay una diferencia de 1.00. La distribución de las calificaciones ponderadas de los criterios presenta una asimetría negativa y una curtosis leptocúrtica; es decir, no se comporta de manera normal, sino que se aproxima a este tipo de distribución. La prueba de normalidad es la Shapiro-Wilk y su valor es de 0.325.

Con una calificación media de 0.64, en esta dimensión se pueden identificar criterios con incidencia positiva en la resiliencia, así como otros con incidencia negativa (Gráfica 8.38). Los niveles de educación básica, los niveles de discapacidad en la población, la edad de la población tienen una relevancia positiva para la resiliencia. Dos de los criterios se encuentran sobre el valor de la mediana (0.68) y mantienen una incidencia positiva, pero en menor grado que los primeros. Por otro lado, se identifican seis criterios por debajo del valor de la mediana, que tendrían una incidencia negativa en la resiliencia relacionada con la dimensión sociorregional.



**Gráfica 8.38** Calificaciones normalizadas de los criterios en la dimensión socio - regional  
Fuente: Elaborado a partir de los criterios unidimensionales de la dimensión socio - regional

La educación básica considera los niveles de analfabetismo en la población. La apertura de la población, como sistema socioecológico, se logra a través del desarrollo de capacidades comunicativas que la educación promueve. Baños, al tener bajos niveles de analfabetismo, incrementa la posibilidad de desarrollar en sus pobladores capacidades de relacionamiento con otros grupos sociales, así como aumenta las posibilidades para que puedan continuar con la educación formal básica y profesional.

Uno de los factores que impide a las familias una respuesta rápida al impacto de un desastre de origen natural son los miembros que sufren algún tipo de discapacidad. Ellos requieren atención especial y oportuna, obligando a sus familiares a organizarse para cumplir de manera específica con los cuidados que demanden. Mientras una familia cuente con la mayor cantidad de sus integrantes con las capacidades físicas y psíquicas óptimas, podrán tener mayor diversidad de respuesta en situaciones imprevistas. Baños tiene índices de discapacidad menores al promedio del país, por lo que la incidencia de este criterio es positiva para la resiliencia.

La redundancia y diversidad son propiedades de la resiliencia en los SAC. Para que estas se evidencien en los sistemas socioecológicos, se requiere que sus elementos estén en capacidad de generar respuestas rápidas frente al impacto de eventos imprevistos. Si bien no es el único criterio que influye en este aspecto, la edad de la población puede ser determinante en la presencia de estas propiedades. Baños se caracteriza por tener una población joven, que puede soportar la carga económica y social de grupos dependientes (menores de 14 años y mayores de 64), así como incrementar la velocidad y efectividad de respuesta frente a los efectos de un desastre natural. Las agrupaciones civiles como “Hermandad Baneña” y “Ojos del Volcán”, que fortalecerían la unión de la población para lograr su retorno y posterior desarrollo, estuvieron integradas por jóvenes que soportaron condiciones extremas<sup>64</sup> en las etapas más críticas de la evacuación de la ciudad de Baños.

<sup>64</sup> Las agrupaciones que liderarían el retorno a la ciudad de Baños luego de su forzada evacuación se ubicaron en zonas aledañas al volcán, teniendo que soportar condiciones extremas relacionadas con el clima y la inadecuada alimentación. Estuvieron vigilantes de su ciudad y arriesgaron su integridad ingresando a la ciudad de Baños a pesar de las restricciones impuestas por el gobierno.



La estructura de la dimensión sociorregional es variable. Se puede decir que su modularidad debe ser reforzada fundamentalmente en criterios como cobertura médica, cobertura de seguro de salud, aspectos relacionados con la vulnerabilidad social, nivel de educación y ocupación. Si bien la educación básica está en condiciones relativamente aceptables, lo que ayuda a generar diversidad en la capacidad de respuesta de la población, se requiere mejorar su nivel para tener un mayor porcentaje de la misma ocupada en funciones de nivel profesional y técnico, lo que incrementaría la redundancia y la apertura, pues los profesionales tienen mayores posibilidades de establecer redes externas de cooperación (apertura) que permitan generar procesos evolutivos de cambio, así como asumir provisionalmente funciones que en los sistemas sociales y económicos hayan sido interrumpidas a consecuencia del impacto del desastre.

La identidad territorial es otro criterio que cohesiona y sostiene la modularidad en la dimensión sociorregional. Se convierte en el motivo emocional que permite que los integrantes de la población unan sus capacidades y esfuerzos para lograr un objetivo común. De acuerdo a los líderes comunitarios, en Baños la identidad de los empresarios y los pobladores generaron estructuras sociales robustas que viabilizaron procesos de reconstrucción luego de la evacuación forzosa en 1999 y la erupción de mayor impacto en el 2006.

Es importante destacar en la población sus altos niveles de identidad, baja vulnerabilidad por discapacidades y población joven, que son las fortalezas de la modularidad en esta dimensión. El enfoque de género utilizado en este modelo de decisión considera los niveles de preparación que tiene la mujer jefe de hogar para afrontar los desastres de origen natural. Si bien existe una preparación, todavía es evidente que se tienen que fortalecer los procesos de información y educación, pues los niveles de vulnerabilidad en este tipo de familias usualmente son altos.

El aspecto religioso incide de forma positiva en la resiliencia, al igual que la identidad. La fe de los seres humanos puede actuar como catalizador de procesos de respuesta frente a desastres de origen natural; es decir, la modularidad del subsistema sociorregional se robustece y permite acciones proactivas frente al desastre gracias a la sensación de protección y seguridad afianzadas en las creencias de los pobladores. Baños de Agua Santa se caracteriza por su alto nivel de fe religiosa sintetizada en la devoción a la Virgen María (Virgen del Rosario de Agua Santa), en cuyo nombre han sido construidos templos, grutas, santuarios y diversos espacios públicos. Su influencia en la población ha sido determinante en los procesos de autoorganización y desarrollo. A pesar del efecto positivo que puede tener este criterio como elemento de cohesión social, es importante evidenciar que una visión religiosa de la población sobre los fenómenos naturales puede limitar los procesos de educación sobre desastres, pues el fenómeno natural puede ser entendido como un designio divino y no como un proceso ecológico evolutivo.

Existen otros aspectos que inciden en menor grado en la resiliencia sociorregional de la ciudad de Baños. Así, se puede evidenciar que, en las familias donde la mujer es jefe de hogar, el grado de preparación que tienen frente a un desastre de origen natural es alto en por lo menos el 76.66% de estos. Es decir, estos hogares, que serían vulnerables, tienen capacidad de respuesta debido a su nivel de preparación, que en la mayoría de los

casos se debe a la participación activa de la población en simulacros y capacitaciones sobre desastres.

Otros criterios tienen una incidencia media o baja sobre la resiliencia sociorregional de Baños. Así, una alta vulnerabilidad social identificada a través del indicador de porcentaje de la población que no cubre sus necesidades insatisfechas, limita la diversidad de respuestas que pueden dar los pobladores al impacto de un desastre de origen natural. Los efectos del desastre complican aún más la situación de la población socialmente vulnerable, que no es capaz de aportar con la redundancia necesaria que requiere el sistema socioeconómico para mantener su funcionalidad. El objetivo de la población socialmente vulnerable será obtener refugio y alimentación, quedando a merced de centros de acogida para damnificados (Tobin y Whiterford, 2002).

A pesar de los bajos niveles de analfabetismo, que aumenta las posibilidades de desarrollo de la población, es importante identificar los niveles de educación que esta posee. El Ecuador aún mantiene bajos niveles de educación y Baños de Agua Santa no es la excepción. La educación es la base para que una sociedad tenga capacidad de aprendizaje, autoorganización y adaptabilidad. Una población con bajos niveles de educación pierde diversidad de respuesta al impacto de los desastres de origen natural.

La redundancia y diversidad como propiedades de la resiliencia en zonas afectadas por desastres naturales exigen que la población tenga la capacidad de suplir los servicios proporcionados por el Estado y que puedan interrumpirse debido al impacto del desastre. La comunidad dependerá de médicos, maestros, ingenieros, etc. que puedan reactivar las actividades funcionales básicas de la población. En el caso de Baños, los niveles ocupacionales entre técnicos, profesionales y gerentes tienen una cobertura limitada respecto al total de la población; esto afecta a su resiliencia sociorregional.

El principal problema que enfrenta la población de Baños está relacionado con su sistema de salud. Este es insuficiente para atender las necesidades de la población, ya que el número de médicos está por debajo de los estándares establecidos por la OMS, lo cual limita la diversidad y redundancia del sistema de salud frente a los efectos de un desastre de origen natural. Por otra parte, la cobertura del seguro de salud es limitada y cubre solo al 23% de la población y los pobladores ven limitadas sus opciones de atención médica (pérdida de diversidad en el sistema salud).

## **8.5 Análisis socio – comunitario de Baños**

### **8.5.1 Criterio resiliencia individual y comunitaria**

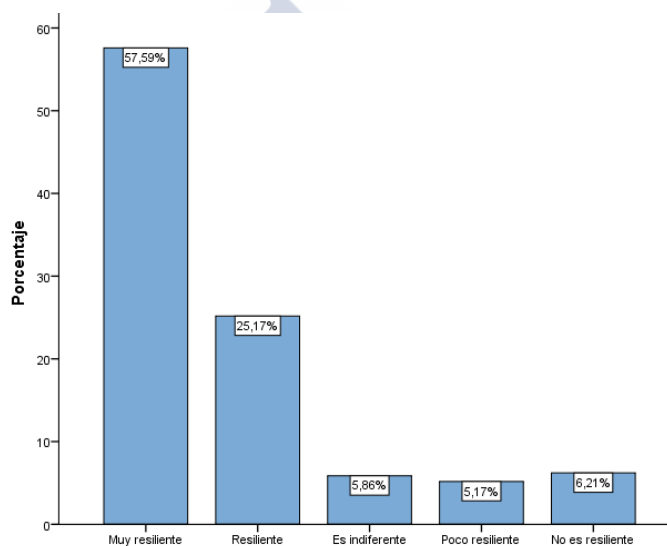
El análisis de confiabilidad para el grupo de elementos (diez ítems) en la encuesta de resiliencia comunitaria para el cantón Baños presenta un valor de *Alfa de Cronbach* de 0.822 por lo que la determinación de competencias personales para la resiliencia sobre la base de éstos es confiable. Los valores de la media y desviación típica son de 4.23 y 1.16 respectivamente, considerando el tamaño de la población y el total de encuestados que son 290.

Tabla 8.17 Frecuencias y porcentajes de análisis de competencias personales para la resiliencia (agrupado)

	Frecuencia	Porcentaje	Valoración de criterio
Muy resiliente	167	57.6	167
Resiliente	73	25.2	54.75
Es indiferente	17	5.9	8.5
Poco resiliente	15	5.2	3.75
No es resiliente	18	6.2	0
<b>Total</b>	<b>290</b>	<b>100</b>	<b>234</b>

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria en Baños.

Del análisis de variables agrupadas se desprende que el 57.59% y el 25.17% de los encuestados de acuerdo al modelo del *Resilience Scale for Adults* se encuentra en rangos de muy resiliente y resiliente respectivamente en aspectos relacionados a competencias personales (Gráfica 8.39). El 11.38% se encuentra en rangos de poco resiliente y no resiliente.



Gráfica 8.39 Competencias personales para la resiliencia (agrupado)

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria en Baños.

*Normalización.*- Considerando la normalización donde el objetivo es un máximo, con límite superior de 290 e inferior de 0, se tiene:

$$NPVIV = \frac{234 - 0}{290 - 0} = 0.80$$

Valor del criterio: 0.80

### 8.5.2 Criterio cohesión familiar

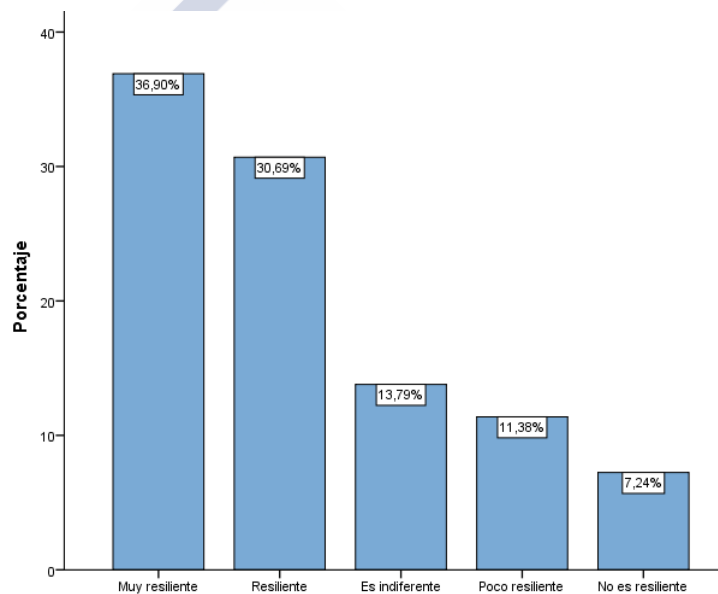
El análisis de confiabilidad para el grupo de elementos (seis ítems) en la encuesta de resiliencia comunitaria para el cantón Baños presenta un valor de *Alfa de Cronbach* de 0.736. Su nivel de confiabilidad sobre la base de esta prueba es aceptable. La media es de 3.79 y la desviación típica de 1.25 para un total de 290 encuestados.

Tabla 8.18 Frecuencias y porcentajes de análisis de cohesión familiar para la resiliencia (agrupado)

	Frecuencia	Porcentaje	Valoración de criterio
Muy resiliente	107	36.9	107
Resiliente	89	30.7	66.75
Es indiferente	40	13.8	20
Poco resiliente	33	11.4	8.25
No es resiliente	21	7.2	0
<b>Total</b>	<b>290</b>	<b>100</b>	<b>202</b>

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria en Baños.

Del análisis de variables agrupadas se desprende que el 36.9% y el 30.69% de los encuestados de acuerdo al modelo del *Resilience Scale for Adults* se encuentra en rangos de muy resiliente y resiliente respectivamente en aspectos relacionados a cohesión familiar (Gráfica 8.40). El 18.62% se encuentra en rangos de poco resiliente y no resiliente.



Gráfica 8.40 Cohesión familiar para la resiliencia (agrupado)

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria en Baños.

*Normalización.*- Considerando la normalización *min-max*, donde el objetivo es un máximo, con límite superior de 290 e inferior de 0, se tiene:

$$NPVIV = \frac{202 - 0}{290 - 0} = 0.69$$

Valor del criterio: 0.69

### 8.5.3 Criterio cohesión comunitaria

El análisis de confiabilidad para el grupo de elementos (seis ítems) en la encuesta de resiliencia comunitaria para el cantón Baños presenta un valor de *Alfa de Cronbach* de 0.721,

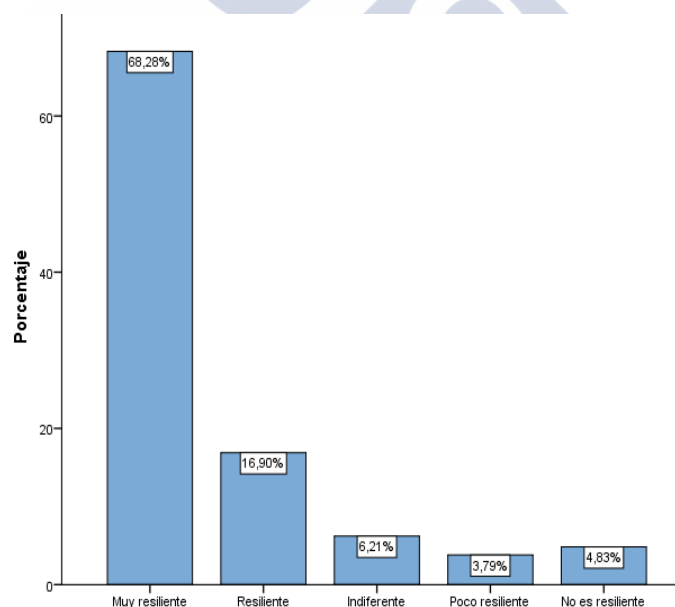
por lo que el nivel de confiabilidad es aceptable. La media de los ítems evaluados es de 4.40 y su desviación típica de 1.08.

Tabla 8.19 Frecuencias y porcentajes de análisis de competencia social - cohesión comunitaria para la resiliencia (agrupado)

	Frecuencia	Porcentaje	Valoración de criterio
Muy resiliente	198	68.3	198
Resiliente	49	16.9	36.75
Indiferente	18	6.2	9
Poco resiliente	11	3.8	2.75
No es resiliente	14	4.8	0
<b>Total</b>	<b>290</b>	<b>100</b>	<b>246.5</b>

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria en Baños.

Del análisis de variables agrupadas se desprende que el 68.28% y el 16.90% de los encuestados de acuerdo al modelo del *Resilience Scale for Adults* se encuentra en rangos de muy resiliente y resiliente respectivamente en aspectos relacionados a cohesión comunitaria (Gráfica 8.41). El 8.62% se encuentra en rangos de poco resiliente y no resiliente.



Gráfica 8.41 Cohesión comunitaria para la resiliencia (agrupado)

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria en Baños.

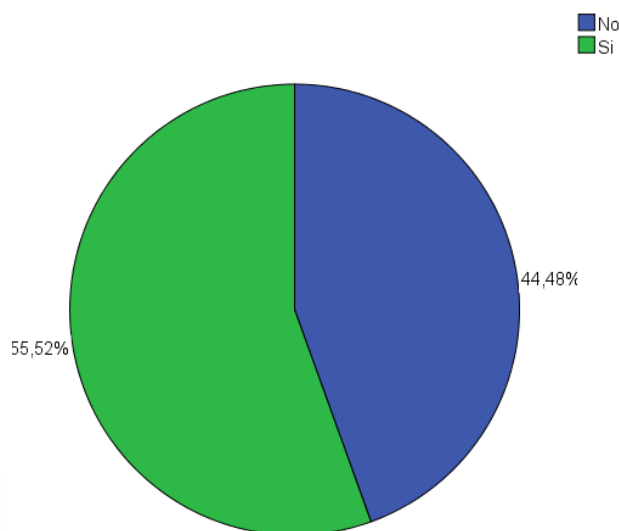
*Normalización.*- Considerando la normalización *min-max*, donde el objetivo es un máximo, con límite superior de 290 e inferior de 0, se tiene:

$$NPVIV = \frac{246.50 - 0}{290 - 0} = 0.85$$

Valor del criterio: 0.85

### 8.5.4 Criterio asociatividad

Este criterio es evaluado considerando la encuesta de resiliencia comunitaria y toma en cuenta el porcentaje de jefes de familia que participan en algún tipo de agrupación social (Gráfica 8.42). El 55.5% de los encuestados participa en agrupaciones ciudadanas, mientras que el 44.5% no lo hace.



Gráfica 8.42 Pregunta al jefe de hogar: “¿Participa en algún tipo de agrupación social?”  
Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria en Baños.

*Normalización.-* Considerando la normalización, donde el objetivo es un máximo, se tiene:

$$NPVIV = \frac{55.5 - 0}{100 - 0} = 0.55$$

Valor del criterio: 0.55

### 8.5.5 Criterio solidaridad

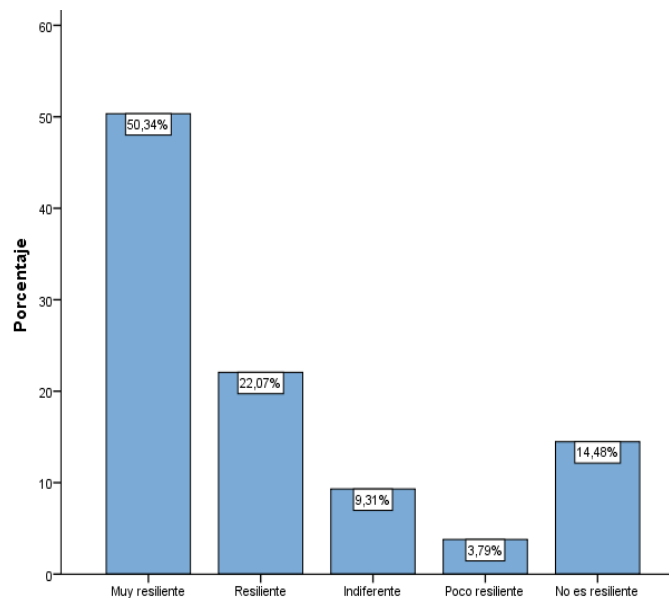
El análisis de confiabilidad para el grupo de elementos (siete ítems) en la encuesta de resiliencia comunitaria para el cantón Baños presenta un valor de *Alfa de Cronbach* de 0.702 por lo que la determinación de apoyo social para la resiliencia sobre la base de éstos tiene un nivel de confiabilidad aceptable. La media de los ítems es de 3.90 y su desviación típica de 1.43.

Tabla 8.20 Frecuencias y porcentajes de análisis de solidaridad - apoyo social para la resiliencia (agrupado)

	Frecuencia	Porcentaje	Valoración de criterio
Muy resiliente	146	50.3	146
Resiliente	64	22.1	48
Indiferente	27	9.3	13.5
Poco resiliente	11	3.8	2.75
No es resiliente	42	14.5	0
<b>Total</b>	<b>290</b>	<b>100</b>	<b>210.25</b>

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria en Baños.

Del análisis de variables agrupadas se desprende que el 50.34% y el 22.07% de los encuestados de acuerdo al modelo del *Resilience Scale for Adults* se encuentra en rangos de muy resiliente y resiliente respectivamente en aspectos relacionados con el apoyo social del entorno (solidaridad) (Gráfica 8.43). El 18.27% se encuentra en rangos de poco resiliente y no resiliente.



Gráfica 8.43 Apoyo social para la resiliencia

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria en Baños.

*Normalización.*- Considerando la normalización donde el objetivo es un máximo, con límite superior de 290 e inferior de 0 se tiene:

$$NPVIV = \frac{210,25 - 0}{290 - 0} = 0.72$$

Valor del criterio: 0.72

### 8.5.6 Criterio liderazgo

La encuesta de resiliencia comunitaria considera el liderazgo y hace referencia al nivel de confianza que tienen en la comunidad, bajo la consideración de que la comunidad es una institución autoorganizada y representa la capacidad de liderazgo que existe en la población.

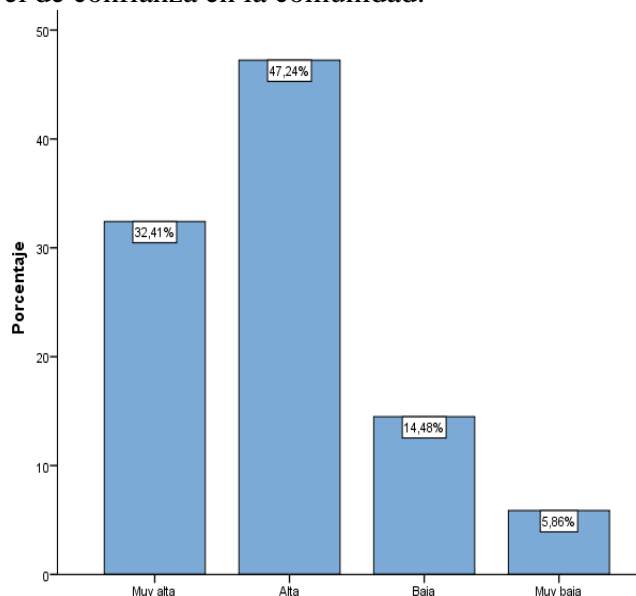
Tabla 8.21 Frecuencias y porcentajes de análisis de nivel de confianza en la comunidad (sistema de liderazgo espontaneo)

	Frecuencia	Porcentaje	Valoración de criterio
Muy alta	94	32.4	94
Alta	137	47.2	102.75
Baja	42	14.5	10.5
Muy baja	17	5.9	0
<b>Total</b>	<b>290</b>	<b>100</b>	<b>207.25</b>

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria en Baños.



El 32.41% y el 47.24% de los encuestados indican tener entre muy alta y alta respectivamente el nivel de confianza en la comunidad (Gráfica 8.44). El 20.34% considera bajo y muy bajo el nivel de confianza en la comunidad.



Gráfica 8.44 Nivel de confianza en la comunidad

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria en Baños.

*Normalización.*- Considerando la normalización donde el objetivo es un máximo, con límite superior de 290 e inferior de 0, se tiene:

$$NPVIV = \frac{207,25 - 0}{290 - 0} = 0.71$$

Valor del criterio: 0.71

### 8.5.7 Criterio confianza institucional

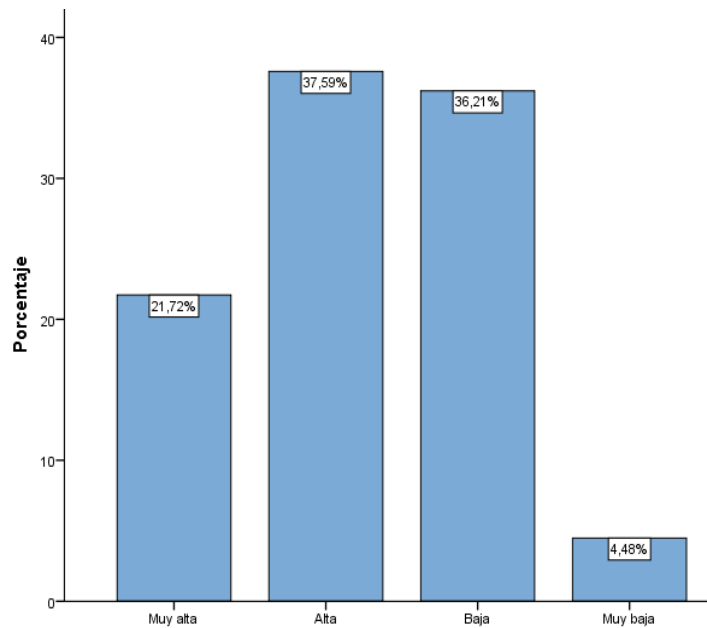
El análisis de confiabilidad considera varias instituciones encargadas de la gestión de riesgo. Así, el gobierno cantonal (municipio), la policía, los bomberos, la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y las Fuerzas Armadas. Se construye un perfil de actitud de la población sobre su nivel de confianza en las instituciones indicadas. En la encuesta de resiliencia comunitaria para el cantón Baños sobre los cinco ítems señalados en el análisis de confiabilidad, se presenta un valor de *Alfa de Cronbach* de 70.6, por lo que la determinación de la confianza institucional para la resiliencia sobre la base de estos es aceptable.

Tabla 8.22 Frecuencias y porcentajes nivel de confianza institucional

	Frecuencia	Porcentaje	Valoración de criterio
Muy alta	63	21.7	63
Alta	109	37.6	81.75
Baja	105	36.2	26.25
Muy baja	13	4.5	0
<b>Total</b>	<b>290</b>	<b>100</b>	<b>171</b>

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria en Baños.

Los niveles de confianza institucional (Gráfica 8.45) se encuentran distribuidos de forma equilibrada, pues el 21.72% y el 37.59% consideran muy alto y alto respectivamente este nivel, mientras que el 36.21% y el 4.48% lo consideran bajo o muy bajo respectivamente.



Gráfica 8.45 Nivel de confianza institucional

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria en Baños.

*Normalización.-* Considerando la normalización donde el objetivo es un máximo, con límite superior de 290 e inferior de 0, se tiene:

$$NPVIV = \frac{171 - 0}{290 - 0} = 0.58$$

Valor del criterio: 0.58

### 8.5.8 Criterio responsabilidad social empresarial

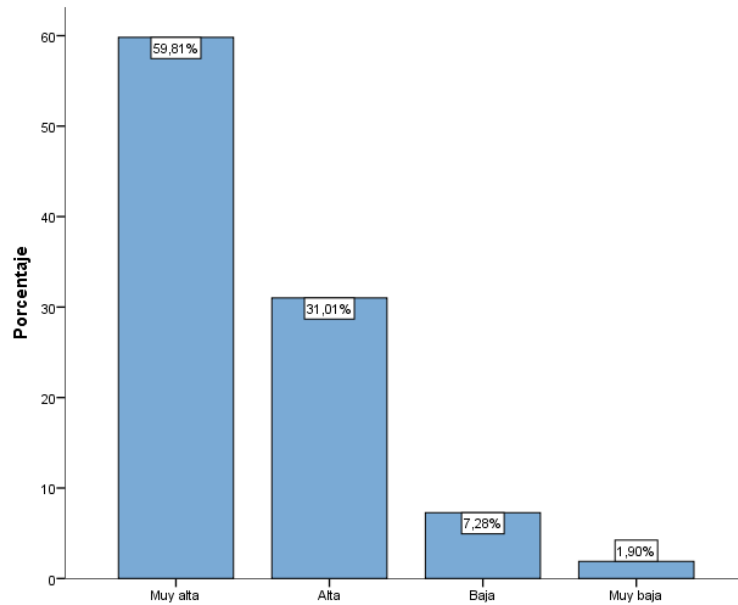
Se consideran datos de la encuesta de resiliencia del sistema empresarial y se analiza este criterio en función de la calificación relacionada con la capacidad de colaboración que el empresario percibe tener con su comunidad.

Tabla 8.23 Frecuencias y porcentajes de capacidad de colaboración como característica del empresario baneño

	Frecuencia	Porcentaje	Valoración de criterio
Muy alta	189	59.8	189
Alta	98	31	73.5
Baja	23	7.3	5.75
Muy baja	6	1.9	0
<b>Total</b>	<b>316</b>	<b>100</b>	<b>268.25</b>

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia del sistema empresarial en Baños.

El 59.81% y el 31.01% de los empresarios encuestados consideran entre muy alta y alta respectivamente el nivel de colaboración que tienen con su comunidad, el 9.18% considera entre bajo y muy bajo ese nivel (Gráfica 8.46).



Gráfica 8.46 Percepción del nivel de colaboración del empresario con su comunidad  
Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia del sistema empresarial en Baños

*Normalización.*- Considerando la normalización, donde el objetivo es un máximo, con límite superior de 316 e inferior de 0, se tiene:

$$NPVIV = \frac{268.25 - 0}{316 - 0} = 0.84$$

Valor del criterio: 0.84

### 8.5.9 Análisis unidimensional sociocomunitario del cantón Baños

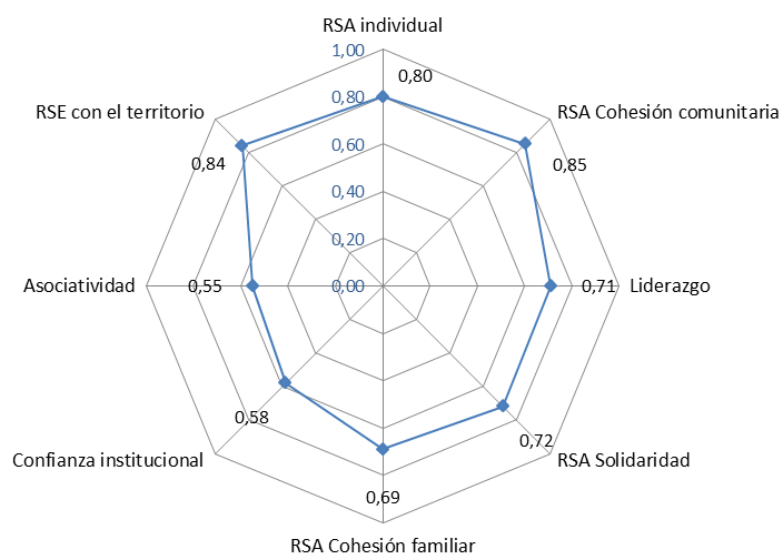
La dimensión sociocomunitaria está compuesta por ocho criterios y presenta los siguientes estadísticos:

Tabla 8.24 Estadísticos descriptivos de la dimensión socio - comunitaria para el modelo de análisis multidimensional de análisis de la resiliencia en Baños de Agua Santa

Estadístico		Valor	Error típ.
Media		0.71750	0.03945
Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	0.62422	
	Límite superior	0.81078	
Media recortada al 5%		0.71944	
Mediana		0.71500	
Varianza		0.01245	
Desv. típ.		0.11158	
Mínimo		0.55000	
Máximo		0.85000	
Rango		0.30000	
Amplitud intercuartil		0.22250	
Asimetría		- 0.35571	0.75210
Curtosis		- 1.08459	1.48088

De la información de la Tabla 8.24, se desprende que las calificaciones de los criterios relacionados con la dimensión sociocomunitaria de la ciudad de Baños tienen una media de 0.7175, con una variabilidad de 0.1115; la mitad de las calificaciones están por debajo de 0.715; entre el criterio que tiene mayor calificación y el que tiene la menor hay una diferencia de 0.3. La distribución de las calificaciones ponderadas de los criterios presenta una asimetría negativa y una curtosis platicúrtica; es decir, no se comporta de manera normal, sino que se aproxima a este tipo de distribución. La prueba de normalidad es la Shapiro-Wilk y su valor es de 0.453.

Los resultados de la dimensión sociocomunitaria (Gráfica 8.47) presentan similitudes en la evaluación de la resiliencia a nivel individual y comunitaria. Estas, conjuntamente con la responsabilidad social empresarial con el territorio, son los criterios que fortalecen la modularidad. La apertura es valorada desde la capacidad que tiene el individuo, su familia y comunidad para relacionarse y establecer mecanismos de cooperación que les permita resolver problemas comunes, esto dentro de un entorno donde el liderazgo tiene un rol preponderante. La acción comunitaria permite que la redundancia y la diversidad se manifiesten cuando su región se ve afectada por desastre de origen natural. Los pobladores asumieron roles que fueron abandonados por el Estado, el sistema de educación y de salud fue asumido por la población que tenía la preparación para hacerlo. Dos criterios evidencian calificaciones bajas, la asociatividad y la confianza institucional, siendo importantes para establecer módulos básicos que promuevan la autoorganización.



**Gráfica 8.47** Calificaciones normalizadas de los criterios en la dimensión socio - comunitaria  
Fuente: Elaborado a partir de los criterios unidimensionales de la dimensión socio - comunitaria

Si bien no existen calificaciones ideales (1.00), algunos criterios superan la media (0.717) y tienen relevancia sobre la resiliencia en la dimensión sociocomunitaria. Bajo los lineamientos del RSA, se puede decir que las características individuales de los jefes de hogar y sus familias los hace propensos a ser proactivos y generar redundancia y diversidad funcional en su comunidad cuando esta se ve afectada por un evento inesperado. La cohesión comunitaria y la actitud solidaria actúan como catalizadores para la modularidad en todos los subsistemas en donde existe participación activa de las personas; esto permite la conformación de organizaciones civiles que actúan como módulos de reactivación social, económica y productiva en la localidad. En la ciudad de Baños, grupos sociales nacidos de la *organización espontánea*, como “Hermandad Baneña” y “Ojos del Volcán”, se sumaron a otras agrupaciones sociales existentes para lograr la reorganización y el desarrollo de la ciudad bajo las nuevas condiciones que el ecosistema estableció en el territorio. Si bien el liderazgo no fue evidente en las autoridades locales, este fue asumido por la propia ciudadanía y la comunidad religiosa<sup>65</sup> que ahí cohabita.

Otro de los criterios que inciden en la resiliencia es la responsabilidad social empresarial con su comunidad. El sistema empresarial promueve la apertura a través de sus relaciones con otros sistemas socioeconómicos, incrementa la diversidad al proveer fuentes de empleo para la población y genera redundancia funcional cuando actúa de forma proactiva frente al desastre. Baños cuenta con un sistema empresarial basado en *micro* y pequeñas empresas, relacionadas la mayoría de ellas con actividades en el sector turismo. Se destaca la participación de estos empresarios en los procesos de reorganización del cantón. De acuerdo a los pobladores, ellos abastecieron de alimentos y medicinas a la población en los momentos más críticos de la evacuación y el retorno no autorizado en el año 2000.

Los puntos débiles en esta dimensión están presentes en los bajos niveles de asociatividad y confianza institucional. La asociatividad permite la formación de módulos básicos (grupos de personas con fines comunes) que pueden generar con mayor facilidad diversidad de

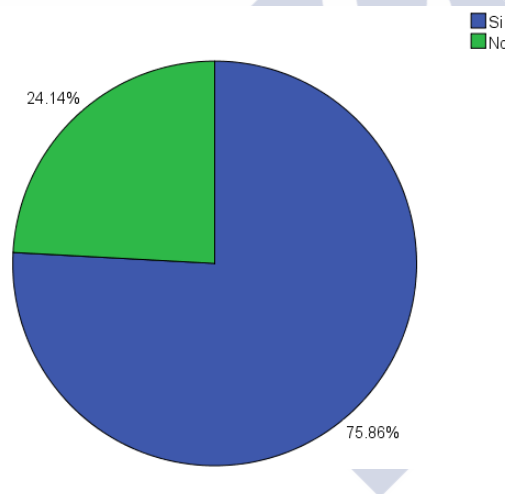
<sup>65</sup> La comunidad religiosa que está presente en la ciudad de Baños de Agua Santa es la de los Padres Dominicos, que son custodios de la iglesia que alberga a la Virgen del Rosario de Agua Santa.

respuestas frente a un desastre. Si bien en Baños existió la organización de grupos sociales de apoyo en las etapas críticas de la erupción del volcán, estos fueron espontáneos y no se mantuvieron en el tiempo, la asociatividad en sí, no es una característica que se destaque en los pobladores, ya que solo un número reducido de ellos, son parte de grupos sociales formales. Por otro lado, la confianza institucional permite la operación de cualquier sistema organizacional oficial en la gestión del desastre, facilita la apertura de la población para procesos de capacitación, evacuación y reactivación económica de las diferentes zonas afectadas. En el caso de Baños, la confianza en las instituciones públicas se destruyó debido a un desatinado manejo del evento volcánico durante 1999 y el año 2000. La fuerza pública actuó de forma coercitiva reprimiendo a la población que reclamaba la atención del Estado luego de ser evacuada. Luego de procesos de negociación con la población, la confianza institucional ha ido construyéndose sobre la base de la participación activa de la comunidad en los organismos estatales.

## 8.6 Análisis institucional de Baños

### 8.6.1 Criterio prevención

Se utilizan los datos de la encuesta de resiliencia comunitaria, identificando que el 75.9% de los encuestados ha participado en simulacros de emergencias, mientras que no lo ha hecho el 21.1% (Gráfica 8.48).



Gráfica 8.48 Pregunta “¿Usted o su familia han participado en simulacros de emergencias?”

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria en Baños

*Normalización.*- Utilizando normalización *min-max*, siendo el objetivo un máximo, se tiene:

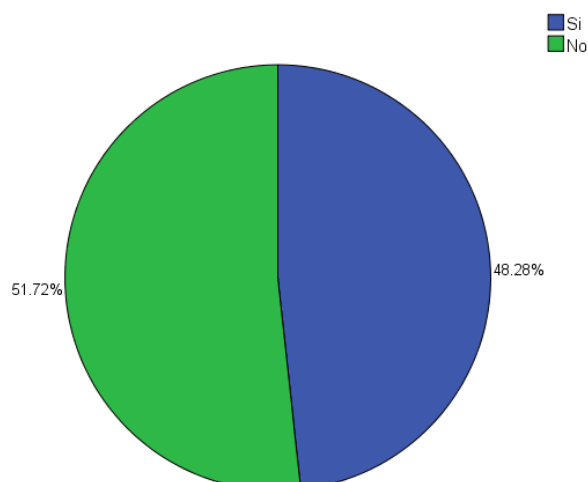
$$NPREV = \frac{75.90 - 0}{100 - 0} = 0.75$$

Valor del criterio: 0.75

### 8.6.2 Criterio mitigación de riesgos

Se utilizan los datos de la encuesta de resiliencia comunitaria sobre la pregunta que plantea si “¿Conoce usted el plan de mitigación de riesgos para Baños?” (Gráfica 8.49).

Las respuestas fueron que el 48.3% de los encuestados conoce el plan de riesgos del cantón Baños, mientras que el 51.7% no lo conoce.



Gráfica 8.49 Pregunta "Conoce usted el plan de riesgos del cantón Baños"  
Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria en Baños

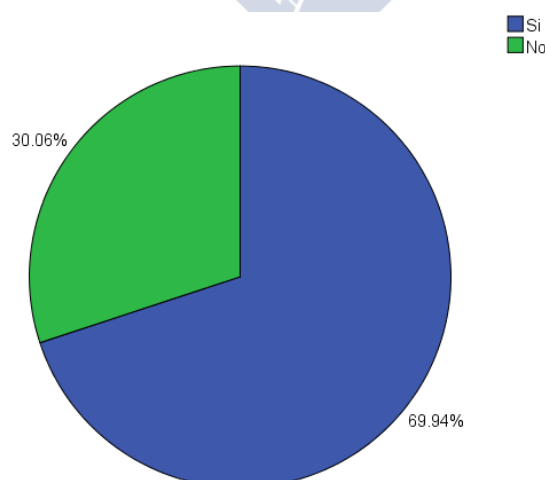
*Normalización.*-Utilizando normalización *min-max*, siendo el objetivo un máximo, se tiene:

$$NMRIS = \frac{48.30 - 0}{100 - 0} = 0.48$$

Valor del criterio: 0.48

### 8.6.3 Criterio planes de emergencia institucional

Se utilizan los datos de la encuesta de resiliencia para el sistema empresarial (Gráfica 8.50). Considerando la pregunta que indaga sobre si la empresa cuenta con un plan de emergencias, los resultados indican que el 69.9% de los empresarios encuestados cuenta con un plan de emergencias y el 30.1% no lo tiene.



Gráfica 8.50 Pregunta: ¿Las empresas cuentan con un plan de emergencia?  
Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia del sistema empresarial en Baños



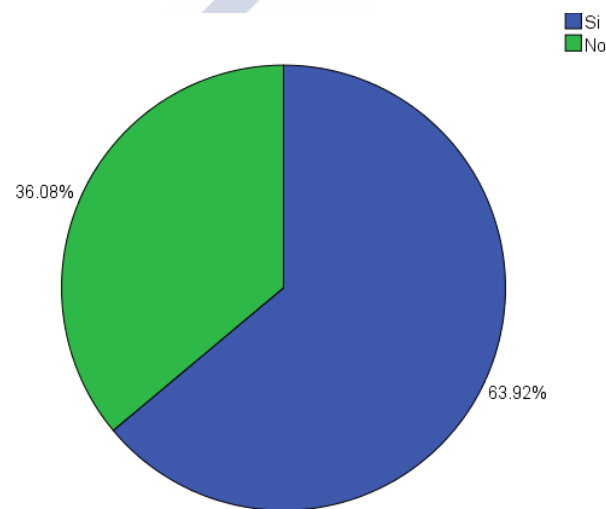
*Normalización.*- Utilizando normalización *min-max*, siendo el objetivo un máximo, se tiene:

$$NPEI = \frac{69.90 - 0}{100 - 0} = 0.69$$

Valor del criterio: 0.69

#### 8.6.4 Criterio conocimiento de planes de emergencia

Se utilizan los datos de la encuesta de resiliencia para el sistema empresarial que corresponden a si la empresa conoce el plan de mitigación de riesgos de la ciudad de Baños (Gráfica 8.51). Los resultados evidencian que el 63.9% de los empresarios conoce el plan de mitigación de riesgos de Baños de Agua Santa, no lo conoce el 36.1%.



Gráfica 8.51 Pregunta "¿Las empresas conocen el plan de mitigación de riesgos de Baños?"  
Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia del sistema empresarial en Baños

*Normalización.*- Utilizando normalización *min-max*, siendo el objetivo un máximo, se tiene:

$$NPEI = \frac{63.90 - 0}{100 - 0} = 0.64$$

Valor del criterio: 0.64

#### 8.6.5 Criterio coordinación institucional

Este criterio considera las opiniones de los responsables de los organismos relacionados con la gestión de riesgos, siendo estos el Director de Planificación del Gobierno Provincial del cantón Baños de Agua Santa, el coordinador de la Secretaría de Gestión de Riesgos para la zona, el jefe de cuerpo de bomberos del cantón, un técnico del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional y un investigador de la Secretaría de Gestión de Riesgos. En conclusión, para el caso del cantón Baños, la experiencia

vivida durante los dieciséis años del proceso eruptivo del volcán Tungurahua permitió diseñar mecanismos de gestión de riesgos participativos, donde la población es corresponsable de su propia seguridad. Las directrices generadas a partir de la creación de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos son coordinadas por el Comité de Operaciones de Emergencias (COE) cantonal (municipio), el cual tiene la participación de los responsables políticos, técnicos y operativos de los procesos de gestión de emergencias de la población. Consideran que es un proceso en construcción, pero que Baños es un referente nacional e internacional.

Considerando los criterios emitidos por los expertos, se considera que existe una adecuada coordinación entre los organismos responsables de la atención a la población en caso de emergencias, por lo que la calificación del criterio es 1.

Valor del criterio: 1

### 8.6.6 Análisis unidimensional institucional del cantón Baños

La dimensión institucional está compuesta por cinco criterios y presenta los siguientes estadísticos:

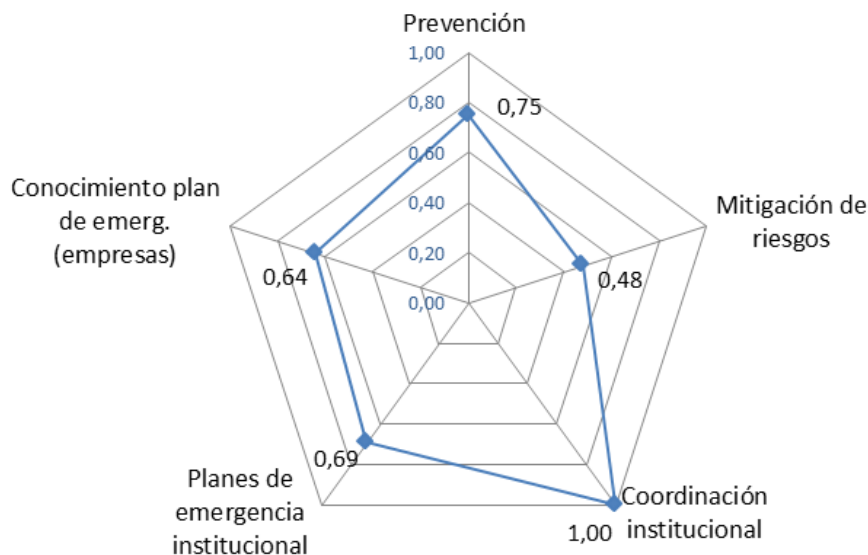
Tabla 8.25 Estadísticos descriptivos de la dimensión institucional para el modelo de análisis multidimensional de análisis de la resiliencia en Baños de Agua Santa

Estadístico		Valor	Error típ.
Media		0.71200	0.08482
Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	0.47651	
	Límite superior	0.94749	
Media recortada al 5%		0.70889	
Mediana		0.69000	
Varianza		0.03597	
Desv. típ.		0.18966	
Mínimo		0.48000	
Máximo		1.00000	
Rango		0.52000	
Amplitud intercuartil		0.31500	
Asimetría		0.67623	0.91287
Curtosis		1.47366	2.00000

De la información de la Tabla 8.25, se desprende que las calificaciones de los criterios relacionados con la dimensión institucional de la ciudad de Baños tienen una media de 0.712 con una variabilidad de 0.1896; la mitad de las calificaciones están por debajo de 0.69; entre el criterio que tiene mayor calificación y el que tiene la menor hay una diferencia de 0.69. La distribución de las calificaciones ponderadas de los criterios presenta una asimetría positiva y una curtosis leptocúrtica; es decir, no se comporta de manera normal, sino que se aproxima a este tipo de distribución. La prueba de normalidad es la Shapiro-Wilk y su valor es de 0.826.

El criterio más relevante para la resiliencia en este subsistema está relacionado con la coordinación institucional (Gráfica 8.52). Otro que supera la media de calificación es el criterio relacionado con la prevención. Los criterios relacionados con el conocimiento de los

planes de emergencia comunitarios por parte de las empresas, los planes de emergencia institucionales y los planes de mitigación de riesgos tienen una calificación por debajo de la media (0.712) y, por lo tanto, tienen una menor incidencia sobre la resiliencia en la dimensión institucional de Baños.



*Gráfica 8.52* Calificaciones normalizadas de los criterios en la dimensión institucional  
Fuente: Elaborado a partir de los criterios unidimensionales de la dimensión institucional

En la actualidad, la coordinación institucional en Baños se destaca como uno de los criterios más relevantes en la dimensión institucional de la resiliencia. Una adecuada coordinación entre las instituciones responsables de la gestión de riesgos permite que la comunidad ponga en marcha procesos de apertura para que políticas, estrategias y acciones planificadas desde instituciones especializadas externas a la comunidad puedan ser aceptados y adoptados por la población. Estos niveles de coordinación se han logrado posteriormente a los incidentes de 1999, la accidentada evacuación de la población que generaría altos niveles de escepticismo y desconfianza con las instituciones gubernamentales y organismos técnicos encargados de manejar la emergencia. Para la actualidad, la inclusión de la población en la toma de decisiones de las instituciones encargadas de la gestión de riesgo (a través de los Comités de Operaciones de Emergencia) ha permitido que los procesos de coordinación sean mejor canalizados y se logre una adecuada respuesta de la comunidad.

Una adecuada capacidad de respuesta de la población en caso de emergencias por desastres naturales (diversidad y redundancia) se logra a través de procesos de planificación, difusión y entrenamiento de la comunidad. El cantón Baños, luego de las experiencias vividas en los últimos dieciséis años, ha aprendido a convivir con el riesgo. Para ello ha participado en actividades relacionadas con su prevención. A pesar de la dificultad que conlleva tener participaciones masivas en actividades de evacuación de zonas en peligro, esta localidad debido a su experiencia, ha generado niveles de concienciación que han posibilitado lograr estos objetivos.

La resiliencia tiene como propiedades la diversidad y redundancia, las cuales se relacionan con la capacidad de los elementos del sistema para tener una amplia gama de

respuestas frente al impacto de un evento imprevisto. En este caso, esto se logra a través de simulaciones de impactos y probables respuestas que permitan identificar funciones críticas en las cuales la población tendrá la responsabilidad compartida con el Estado para mantener su funcionamiento, a pesar de los efectos que puedan darse por el impacto de un desastre de origen natural.

Para el caso de Baños, si bien existe un conocimiento sobre planes de emergencia (evacuaciones y tratamiento de casos críticos), la mitigación de riesgos (con un valor de 0.48, menor a la media de la dimensión, 0.712), que está relacionada con la reducción de la vulnerabilidad frente al desastre, todavía se presenta como un punto débil; es decir, los planes de mitigación de riesgos que consolidan las medidas para reducir la vulnerabilidad de la población aún no se encuentra adecuadamente difundidos. La mitigación permite diseñar infraestructuras para disminuir el impacto del riesgo. Así, la construcción de reservorios de agua potable, sistemas de redundancia energética que actúen en caso de que la red de fluido eléctrico se interrumpa, vías alternas de evacuación son algunos ejemplos. Aun en la población de Baños, los niveles de concienciación sobre la importancia de este tipo de infraestructuras no han sido consolidados y existe la creencia de que son inversiones poco relevantes para el beneficio de la comunidad.

## 8.7 Análisis infraestructura de Baños

### 8.7.1 Criterio servicios básicos

Este criterio considera datos del Censo Nacional de Población y Vivienda 2010. Así, en Baños el porcentaje de la población que tiene conexión del agua por tubería dentro de la vivienda es del 73.85%, el porcentaje de la población que tiene conexión a la red eléctrica de servicio público es del 98.10%, el porcentaje de la población que tiene sus viviendas conectadas a la red pública de alcantarillado es del 78.78%, por lo que:

$$ISB = 0.33 * CA + 0.33 * CE + 0.33 * CD$$

$$ISB = 18.85 + 32.37 + 25.99 = 77.21$$

*Normalización.-* Utilizando normalización *min-max* siendo el objetivo un máximo, se tiene:

$$NSB = \frac{77.21 - 0}{100 - 0} = 0.77$$

Valor del criterio: 0.77

### 8.7.2 Criterio infraestructura del sistema de salud

Este indicador considera los reportes del sistema Nacional de Información (SNI) para el 2013, que indican que el cantón Baños cuenta con un hospital básico y un centro de salud en la cabecera cantonal, un centro de salud en Río Negro, un puesto de salud en Río Verde y Ulba. Con un total de 18 camas, el número de camas hospitalarias por cada 1000 habitantes que dispone el cantón es de 0.36. El valor a nivel nacional es de 1.6 camas por cada 1000 habitantes, de acuerdo a los datos censales del año 2010.

*Normalización.*- Utilizando normalización por categoría, y considerando que el indicador es menor a 0.7 camas por cada 1000 habitantes, la calificación para este criterio es de 0.

Valor del criterio: 0

### 8.7.3 Criterio monitoreo de desastres

Durante el proceso eruptivo del volcán Tungurahua de cerca de dieciséis años, la comunidad desarrolló sus propios sistemas de monitoreo de emergencias, los cuales, de acuerdo a sus pobladores, les han permitido afrontar las emergencias por desastres de origen natural de una manera adecuada. De manera específica, para el volcán Tungurahua se crearon los “vigías del volcán”, pobladores capacitados y con equipos de comunicación que alertan sobre cualquier cambio inusual en la geografía cercana al volcán, que amerite ser atendido. Estas personas complementan los sistemas de monitoreo operados por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (Ecuador). La incorporación de la población en los procesos de monitoreo promueve la confianza y una organización eficaz en caso de desastres de origen natural. La calificación para este criterio es de 1.

Valor del criterio: 1

### 8.7.4 Criterio cobertura móvil

Los datos para el análisis de este criterio provienen del Censo Nacional de Población y Vivienda 2010. Para el cantón Baños, el 78.09% de los hogares censados posee teléfono celular. Este dato se puede contrastar con el 76.28% de hogares que a nivel nacional poseen teléfonos celulares, a nivel provincial (Tungurahua) el porcentaje es de 71.52%.

*Normalización.*- Utilizando normalización *min-max*, siendo el objetivo un máximo, se tiene:

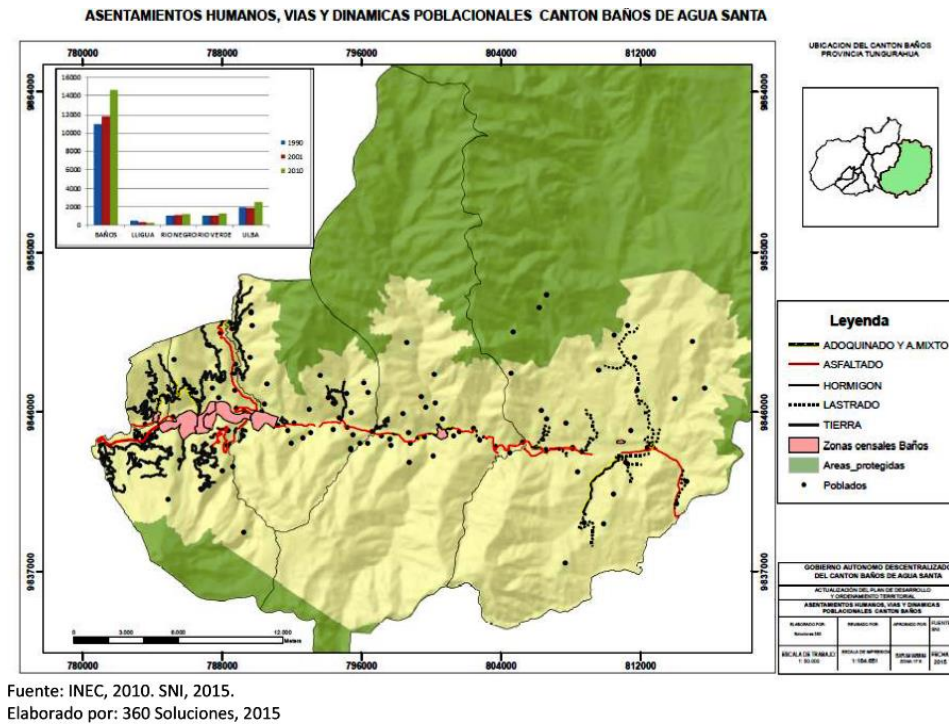
$$NSB = \frac{78.09 - 0}{100 - 0} = 0.78$$

Valor del criterio: 0.78

### 8.7.5 Criterio existencia de vías de evacuación

Baños cuenta con una vía principal de acceso y una secundaria, ambas localizadas en zonas de riesgo por movimientos de masa. Las erupciones del volcán Tungurahua dejaron en varias ocasiones aislada a la ciudad y con dificultades de abastecimiento. La vía de evacuación construida (secundaria) luego de la primera erupción del volcán, es la vía Patate-Baños; sin embargo, su localización hace que esta sea muy vulnerable (debido a movimientos de masa), dejando con poca capacidad de reacción a la población frente a un evento de grandes magnitudes.

En la Figura 8.1 se puede observar la red vial limitada que presenta el cantón:



**Figura 8.1** Asentamientos humanos, vías y dinámicas poblacionales del cantón Baños de Agua Santa  
Fuente: INEC (2010); Sistema Nacional de Información (2016)

La calificación para este indicador, de acuerdo a la normalización categorías, es de 0.25.

Valor del criterio: 0.25

### 8.7.6 Criterio planificación urbana

Una evaluación técnica sobre viviendas sin permiso de construcción en Ecuador no ha sido realizada, pero existen apreciaciones desde los departamentos de planificación de los Gobiernos Autónomos Descentralizados. Así, para el cantón Baños de Agua Santa, se estima que alrededor del 70% de las construcciones no cumplieron un proceso regular para el otorgamiento del respectivo permiso y la mayoría de las edificaciones están siendo legalizadas luego de haber sido construidas. El Director de planificación del GAD de Baños de Agua Santa considera que este es uno de los principales problemas que tiene el cantón, debido a su vulnerabilidad frente a desastres.

*Normalización.-* Utilizando normalización *min-max*, siendo el objetivo un mínimo, se tiene:

$$NSB = \frac{100 - 70}{100 - 0} = 0.30$$

Valor del criterio: 0.30



### 8.7.7 Análisis unidimensional de infraestructura en el cantón Baños

La dimensión infraestructura está compuesta por seis criterios y presenta los siguientes estadísticos:

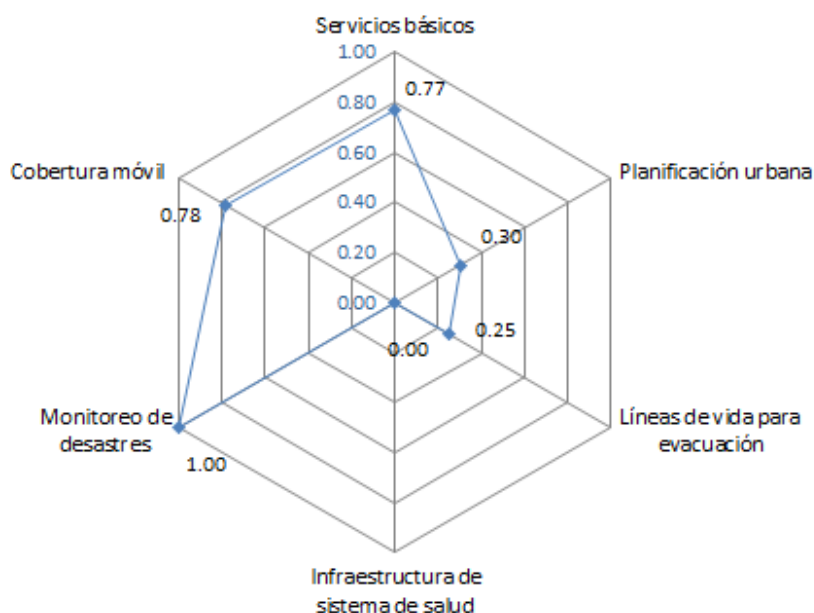
Tabla 8.26 *Estadísticos descriptivos de la dimensión infraestructura para el modelo de análisis multidimensional de análisis de la resiliencia en Baños de Agua Santa*

Estadístico		Valor	Error típ.
Media		0.51666	0.13902
Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	0.10964	
	Límite superior	0.923689	
Media recortada al 5%		0.518519	
Mediana		0.53500	
Varianza		0.150	
Desv. típ.		0.387848	
Mínimo		0.00000	
Máximo		1.00000	
Rango		1.00000	
Amplitud intercuartil		0.6475	
Asimetría		- 0.101	0.845
Curtosis		- 1.857	1.741

De la información de la Tabla 8.26, se desprende que las calificaciones de los criterios relacionados con la dimensión infraestructura de la ciudad de Baños tienen una media de 0.5166 con una variabilidad de 0.38784; la mitad de las calificaciones están por debajo de 0.535; entre el criterio que tiene mayor calificación y el que tiene la menor hay una diferencia de 1.00. La distribución de las calificaciones ponderadas de los criterios presenta una asimetría negativa y una curtosis platicúrtica; es decir, no se comporta de manera normal, sino que se aproxima a este tipo de distribución. La prueba de normalidad es la Shapiro-Wilk y su valor es de 0.528.

Los resultados, con una media de 0.48, ubican esta dimensión como la “más débil” en su aporte a la resiliencia del cantón Baños. A pesar de ello, se pueden destacar tres criterios: la cobertura de los servicios básicos, la cobertura de servicio de telefonía móvil y su sistema de monitoreo de desastres. Por otra parte, la planificación urbana, las líneas de vida y la infraestructura del sistema de salud son las mayores deficiencias (Gráfica 8.53).





Gráfica 8.53 Calificaciones normalizadas de los criterios en la dimensión infraestructura  
Fuente: Elaborado a partir de los criterios unidimensionales de la dimensión infraestructura

El criterio mejor calificado, en el caso de Baños, es el relacionado con el sistema de monitoreo de desastres, el cual cuenta con la participación activa de la comunidad a través de los denominados “vigías del volcán”<sup>66</sup>, personas que actúan como sistema de redundancia de la infraestructura tecnológica utilizada para monitorear la actividad del Tungurahua. Los sistemas de monitoreo de desastres tienen que poseer redundancia; es decir, deben tener la posibilidad de ser reemplazados de forma inmediata cuando presenten fallos. Las probabilidades de que estas infraestructuras se vean afectadas por un desastre de origen natural suelen ser altas, por lo que para mantener la resiliencia se requieren mecanismos de reemplazo.

Otro de los aspectos que mantiene una valoración relevante para la resiliencia en esta dimensión se relaciona con la cobertura de telefonía móvil, que para el caso de Baños cubre al 78% de la población. Durante y posteriormente a una catástrofe de origen natural, uno de los sistemas de comunicación más utilizados es la telefonía móvil con sus servicios de voz y datos. La información más inmediata sobre el estado de las poblaciones que han sufrido el impacto de un desastre suele llegar a través de la propia ciudadanía, que, haciendo uso de llamadas y las redes sociales, dan a conocer su situación y necesidades inmediatas.

En el terremoto del 16 de abril de 2016 ocurrido en Ecuador, la telefonía móvil permitió realizar procesos de rescate, ayuda a damnificados e identificación de problemas relacionados con el seísmo en toda la región costera durante los meses posteriores al desastre. Toda infraestructura relacionada con este tipo de sistemas de comunicación, además de la cobertura, debe ser redundante; es decir, debe contar con equipos emergentes y con la capacidad de ampliar el tráfico de información, que usualmente se incrementa de manera exponencial luego de que una región ha sido víctima de una catástrofe.

<sup>66</sup> Los “vigías del volcán” son pobladores capacitados en la observación de actividades vulcanológicas que alertan a los organismos encargados del monitoreo del Tungurahua. Su actividad puede ser conocida a través del siguiente link: <https://www.youtube.com/watch?v=sWDE2mZefPs>

Los servicios básicos permiten que una comunidad se mantenga en funcionamiento, son esenciales en su dinámica de desarrollo. Sin embargo, requieren de redundancia, es decir, que si se ven afectados por un evento inesperado, exista la capacidad de reemplazarlos. Si bien en la población de Baños existe una adecuada cobertura de servicios básicos, que supera la media del país, solo la dotación de agua potable cuenta con un sistema de emergencia en caso de ser interrumpida la red principal. La pérdida de energía eléctrica puede ser compensada por la redundancia que proveen las plantas eléctricas privadas; sin embargo, la mayor parte de la población quedaría sin este servicio si la red nacional de electricidad se ve interrumpida. El sistema de alcantarillado supera la media nacional, pero no tiene otro sistema que actúe como redundante.

La planificación urbana, las “líneas de vida” y la infraestructura del sistema de salud son los puntos débiles del cantón Baños, limitando la resiliencia en la dimensión infraestructura. Las “líneas de vida” se conforman por las vías de abastecimiento y evacuación que tiene la zona de estudio. Para el caso de Baños existen solo dos carreteras que conectan al cantón con el resto del país. Estas, a su vez, no pueden generar una adecuada redundancia vial, pues se localizan en zonas de alto riesgo de desastres. Por otro lado, hasta julio de 2016, Baños no cuenta con una infraestructura adecuada para su sistema de salud; a falta de ello, consultorios médicos privados han generado ciertos niveles de redundancia y diversidad que no son suficientes para dar cobertura a toda la población.

Por último, la planificación urbana (0.30) es incipiente, y apenas hoy el departamento encargado de esta función en el Municipio de Baños está definiendo obras de mitigación en lugares de alto riesgo que se encuentran poblados. La inexistencia o no cumplimiento de las normas de construcción, así como la poca o nula planificación urbana han dejado a muchas poblaciones vulnerables al efecto de desastres de origen natural. Los acontecimientos de los últimos diez años (inundaciones, terremotos y erupciones volcánicas) han generado mayores niveles de conciencia en el Estado y la ciudadanía y se espera una respuesta rápida para generar una normativa estricta que contemple los diferentes tipos de riesgo que tienen las poblaciones en Ecuador.

## 8.8 Análisis ecológico de Baños

### 8.8.1 Criterio riesgo de amenaza natural

De acuerdo al estudio sobre amenazas, vulnerabilidad, capacidades y riesgo en el Ecuador (D’Ercole & Trujillo, 2003), la calificación asignada al cantón Baños de Agua Santa es de 9 sobre 16 puntos, considerado como alto; es el cantón de la provincia de Tungurahua con el grado de amenaza global más alto.

*Normalización.*- Utilizando normalización *min-max*, siendo el objetivo un mínimo, se tiene:

$$NSB = \frac{16 - 9}{16 - 0} = 0.43$$

Valor del criterio: 0.43

### **8.8.2 Criterio biodiversidad ecológica**

Los datos se obtienen del sistema de información para la planificación y ordenamiento territorial de la SENPLADES (2016) en el que se reporta que el porcentaje de hectáreas del territorio continental que se encuentran bajo conservación o manejo ambiental en el cantón Baños de Agua Santa es del 55.43%.

Normalización.- Utilizando la normalización por categoría, y siendo el 55.43% superior a la meta nacional a 2017 que es de 35.9%, la calificación de este criterio es de 1.

Valor del criterio: 1

### **8.8.3 Análisis unidimensional ecológico de la ciudad de Baños**

La dimensión está compuesta por dos criterios, el riesgo de amenaza natural, cuya calificación es de 0.43, y la gestión de la biodiversidad ecológica, que tiene una valoración de 1. Las calificaciones ponderadas de los criterios relacionados con la dimensión ecológica de la ciudad de Baños tienen una media de 0.715 con una variabilidad de 0.40.

Esta dimensión incluye dos componentes, uno susceptible de control humano, mientras que el otro no. El grado de amenaza global que establece la potencial incidencia de desastres de origen natural en una determinada zona presenta una calificación en base a la geomorfología del territorio. Un valor alto va en detrimento de la modularidad de la jerarquía anidada de ciclos adaptativos que abarca la región. Baños está ubicado en una zona de alto riesgo volcánico, sísmico y de movimientos de masa; es una condición dada frente a la cual los sistemas humanos tienen que ser resilientes.

El segundo criterio tiene una calificación relevante que incide en la redundancia ecológica de la zona y se relaciona con la gestión de la biodiversidad. Baños es parte de una de las regiones con mayor cantidad de áreas protegidas en el Ecuador, lo que le permite mantener en esta dimensión diversidad y redundancia. El Estado busca, a través de declaratorias de áreas protegidas, promover la diversidad en las especies de flora y fauna para mantener el equilibrio de los ecosistemas, así como los servicios ambientales tangibles e intangibles<sup>67</sup>. La redundancia en esta zona se presenta como una propiedad evolutiva que ha estado presente durante miles de años, manteniendo la funcionalidad del ecosistema. Ha existido flora y fauna con la adaptabilidad suficiente para fortalecer la evolución; como resultado de ello, esta región está considerada como una de las más megadiversas del Ecuador.

## **8.9 Análisis experiencial de Baños**

### **8.9.1 Criterio percepción sobre capacitación en desastres**

Sobre la base de los datos de la encuesta sobre resiliencia comunitaria, se tiene que el valor de la media es de 2.13 y la desviación estándar es de 0.65 (en una escala de tabulación donde 1 es muy alto y 4 muy bajo), siendo el detalle de los resultados el siguiente:

---

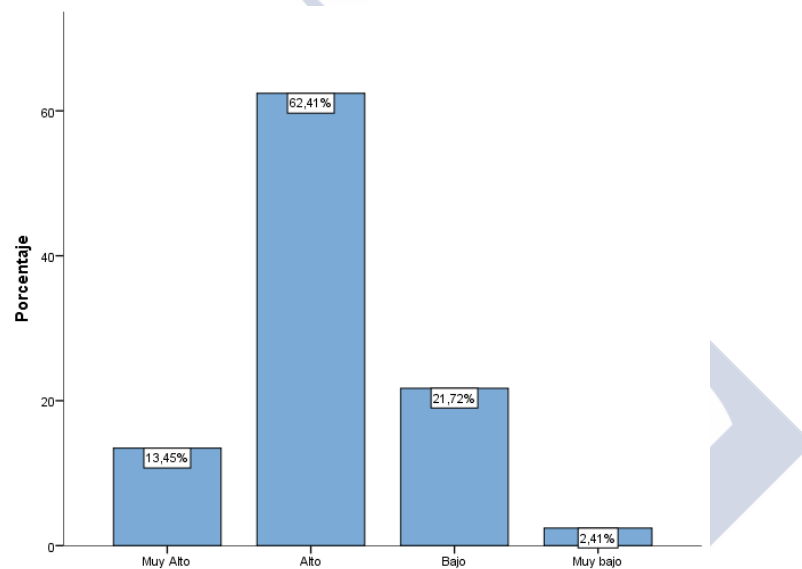
<sup>67</sup> Los servicios ambientales tangibles se consideran el agua, el aire, la energía solar, los alimentos (seguridad y soberanía alimentaria) y estabilidad de los suelos. Los intangibles son los sentidos de pertinencia y de identidad, lo que permite el disfrute estético del paisaje (Wilches-Chaux, 2007).

Tabla 8.27 Frecuencias y porcentajes grado de preparación de las familias frente a un desastre de origen natural

	Frecuencia	Porcentaje	Valoración de criterio
Muy Alto	39	13.4	39
Alto	181	62.4	135.75
Bajo	63	21.7	15.75
Muy bajo	7	2.4	0
<b>Total</b>	<b>290</b>	<b>100</b>	<b>190.5</b>

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria en Baños

El 13.45% y el 62.41% de la población consideran entre muy alto y alto respectivamente el grado de preparación de la familia frente a un desastre de origen natural, el 24.13% considera entre baja y muy baja la preparación (Gráfica 8.54).



Gráfica 8.54 Grado de preparación de las familias frente a un desastre de origen natural  
Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria en Baños

*Normalización.*- Utilizando normalización *min-max*, siendo el objetivo un máximo, se tiene:

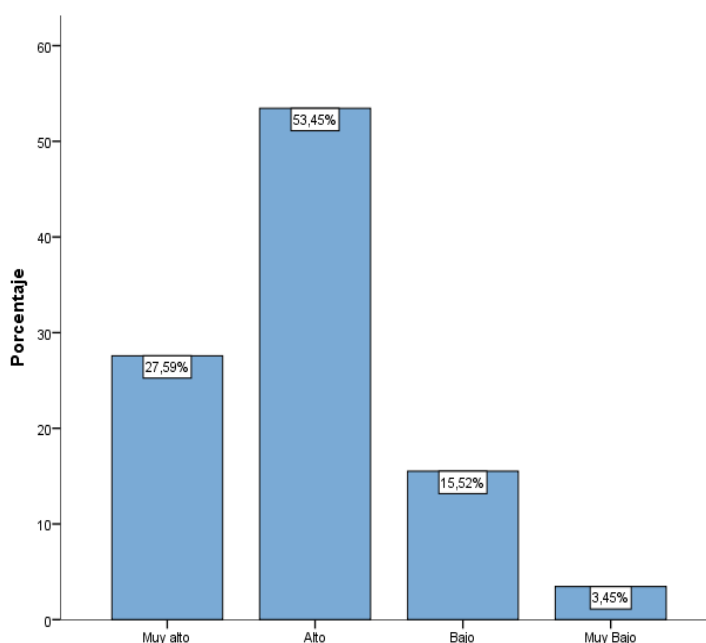
$$NSB = \frac{190.50 - 0}{290 - 0} = 0.65$$

Valor del criterio: 0.65

### 8.9.2 Criterio percepción de riesgo

Sobre la base de los datos de la encuesta sobre resiliencia comunitaria, se tiene que el valor de la media es de 1.94 y la desviación estándar es de 0.75 (en una escala de tabulación donde 1 es muy alto y 4 muy bajo). El 27.59% y el 53.45% de la población consideran entre muy alto y alto respectivamente el grado de afectación económica a su ciudad por causa de la

erupción del volcán Tungurahua (desastre de origen natural) y el 18.97% considera entre baja y muy baja el grado de afectación (Gráfica 8.55).



Gráfica 8.55 Grado de afectación del volcán Tungurahua a la actividad económica de Baños desde la perspectiva de los jefes de hogar.

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria en Baños

El grado de amenaza global considera calificaciones cualitativas con las siguientes categorías: muy alto, alto, relativamente alto, relativamente bajo y bajo. La percepción de la población sobre el riesgo del volcán tiene un mayor porcentaje en la categoría alto, lo cual coincide con el grado de amenaza global que tiene Baños, que es de 9 de un máximo de 16 que se califica como alto. En consecuencia, debido a que el grado de amenaza corresponde a la percepción de riesgo de la población, se asigna el valor de 1.

Valor del criterio: 1.00

### 8.9.3 Criterio seguridad frente a desastres

Los datos relacionados con este criterio son obtenidos de la encuesta de resiliencia comunitaria, así:

- Familias que cuentan con un plan de emergencia (PE) = 66.2%
- Familias que conocen el plan de mitigación de riesgos de la localidad (PM) = 48.3%
- Familias que consideran que tienen un alto o muy alto nivel de preparación para afrontar un desastre de origen natural (NP) = 75.9%

$$SFD = 0.33 * 66.2 + 0.33 * 48.3 + 0.33 * 75.9$$

$$SFD = 62,83$$

*Normalización.*- Utilizando normalización *min-max*, siendo el objetivo un máximo, se tiene:

$$NSB = \frac{62.83 - 0}{100 - 0} = 0.62$$

Valor del criterio: 0.62

#### 8.9.4 Criterio percepción de experiencia en desastres

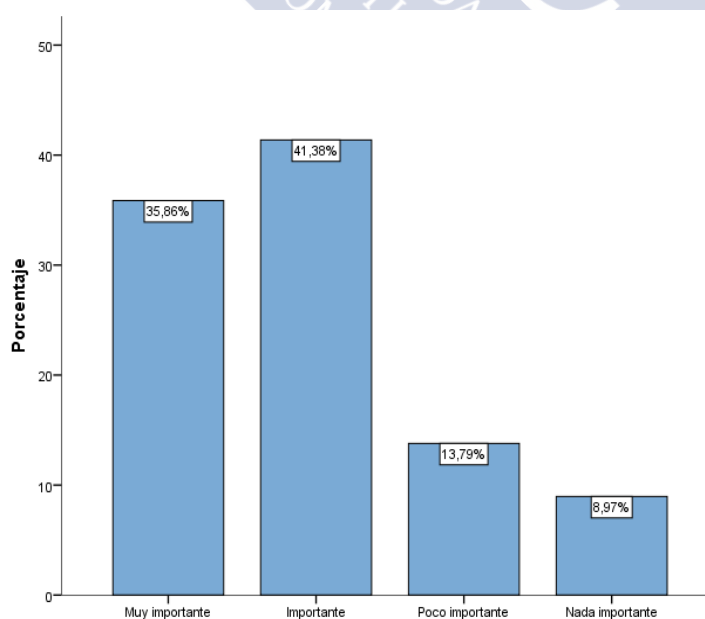
Este criterio considera los datos de la encuesta de resiliencia comunitaria relacionados con la importancia de la experiencia previa como factor que desarrolla las capacidades para hacer frente a potenciales desastres.

Tabla 8.28 Frecuencias y porcentajes de la importancia de la experiencia previa que permite el desarrollo de capacidades para hacer frente a potenciales desastres

	Frecuencia	Porcentaje	Valoración de criterio
Muy importante	104	35.9	104.0
Importante	120	41.4	90.0
Poco importante	40	13.8	10.0
Nada importante	26	9.0	0.0
<b>Total</b>	<b>290</b>	<b>100.0</b>	<b>204.0</b>

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria en Baños

El 35.86% y el 41.38% de la población consideran entre muy alto y alto respectivamente la importancia de la experiencia como un factor que permite desarrollar su capacidad para hacer frente a desastre de origen naturales, el 22.76% considera entre baja y muy baja la importancia (Gráfica 8.56).



Gráfica 8.56 Importancia de la experiencia previa que permite el desarrollo de capacidades para hacer frente a potenciales desastres

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria en Baños

*Normalización.*- Utilizando normalización *min-max*, siendo el objetivo un máximo, se tiene:

$$NSB = \frac{204 - 0}{290 - 0} = 0.70$$

Valor del criterio: 0.70

### 8.9.5 Criterio identificación con el sistema de gestión de riesgos

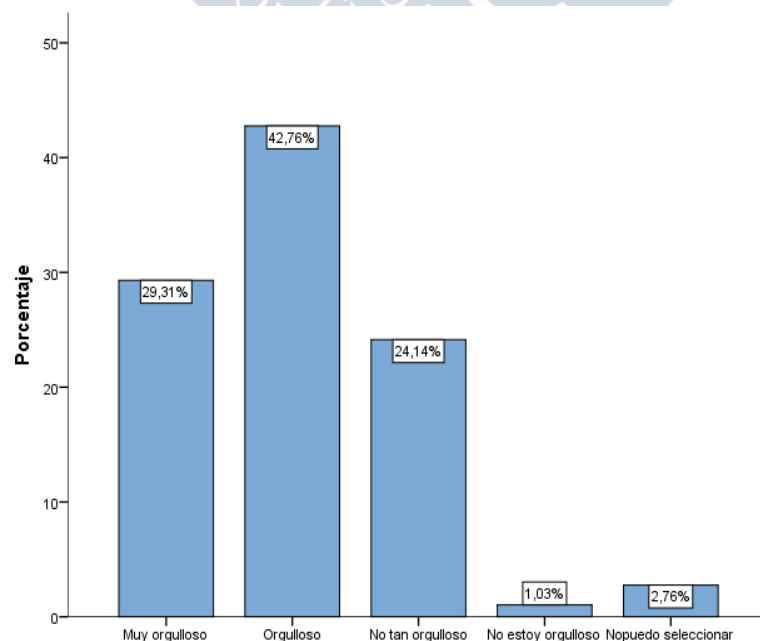
Utilizando la encuesta relacionada a resiliencia comunitaria, se analiza el nivel de identidad que tiene la población con su actual sistema de gestión de riesgos.

Tabla 8.29 Frecuencias y porcentajes de nivel de orgullo que tienen los jefes de hogar frente al sistema de gestión de riesgos de Baños

Su sistema de prevención de riesgos frente al Tungurahua			
	Frecuencia	Porcentaje	Valoración de criterio
Muy orgulloso	85	29.3	85.0
Orgulloso	124	42.8	93.0
No tan orgulloso	70	24.1	17.5
No estoy orgulloso	3	1.0	0.0
No puedo seleccionar	8	2.8	0.0
Total	290	100.0	195.5

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria en Baños

El 29.31% y el 42.76% de la población se sienten entre muy orgullosos y orgullosos por su sistema de prevención de riesgos, el 25.17% se siente no tan orgullosos y no orgulloso del sistema indicado (Gráfica 8.57).



Gráfica 8.57 Nivel de orgullo que tienen los jefes de hogar frente al sistema de gestión de riesgos de Baños

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria en Baños



*Normalización.*- Utilizando normalización *min-max*, siendo el objetivo un máximo, se tiene:

$$NSB = \frac{195.5 - 0}{290 - 0} = 0.67$$

Valor del criterio: 0.67

### 8.9.6 Criterio expectativas económicas

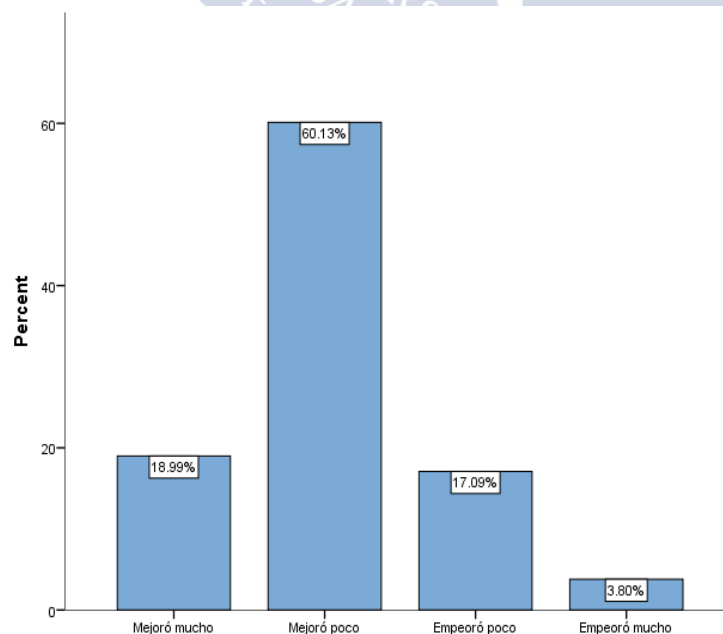
El análisis de este criterio considera la encuesta sobre la resiliencia del sistema empresarial, en la que se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 8.30 Frecuencias y porcentajes de percepción de expectativas económicas luego de la actividad volcánica del Tungurahua.

	Frecuencia	Porcentaje	Valoración de criterio
Mejóro mucho	60	19.0	60.0
Mejóro poco	190	60.1	142.5
Empeoró poco	54	17.1	13.5
Empeoró mucho	12	3.8	0.0
<b>Total</b>	<b>316</b>	<b>100.0</b>	<b>216.0</b>

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia del sistema empresarial en Baños

El 19% de los empresarios encuestados considera que su negocio mejoró mucho luego de la erupción del volcán Tungurahua, el 50.1% considera que mejoró poco y el 20.9% considera que su negocio empeoró mucho o poco luego del evento (Gráfica 8.58).



Gráfica 8.58 Percepción de expectativas económicas luego de la actividad volcánica del Tungurahua.

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia del sistema empresarial en Baños

Normalización.- Utilizando normalización *min-max*, siendo el objetivo un máximo, se tiene:

$$NSB = \frac{216 - 0}{316 - 0} = 0.68$$

Valor del criterio: 0.68

### 8.9.7 Criterio afectación a la salud

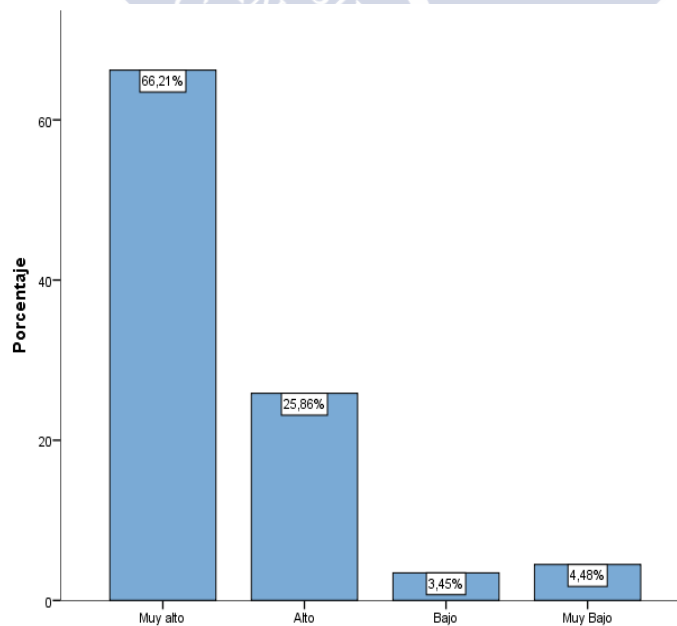
El análisis de este criterio considera la encuesta sobre la resiliencia comunitaria, en la que se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 8.31 Frecuencias y porcentajes de percepción de afectación a la salud por la erupción del volcán Tungurahua

	Frecuencia	Porcentaje	Valoración de criterio
Muy alto	192	66.2	192.0
Alto	75	25.9	56.3
Bajo	10	3.4	2.5
Muy Bajo	13	4.5	0.0
<b>Total</b>	<b>290</b>	<b>100.0</b>	<b>250.8</b>

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria en Baños

El 66.21% y el 25.86% de los encuestados consideran entre muy alto y alto respectivamente el grado de afectación sobre la salud que ha tenido la erupción del volcán Tungurahua, el 7.93% lo califica como bajo y muy bajo (Gráfica 8.59).



Gráfica 8.59 Percepción de afectación a la salud por la erupción del volcán Tungurahua

Fuente: Elaborado a partir de la encuesta sobre la resiliencia comunitaria en Baños

*Normalización.*- Utilizando normalización *min-max*, siendo el objetivo un mínimo, se tiene:

$$NSB = \frac{290 - 250.8}{290 - 0} = 0.13$$

Valor del criterio: 0.13

### 8.9.8 Análisis unidimensional experiencial de la ciudad de Baños

La dimensión experiencial está compuesta por siete criterios y presenta los siguientes estadísticos:

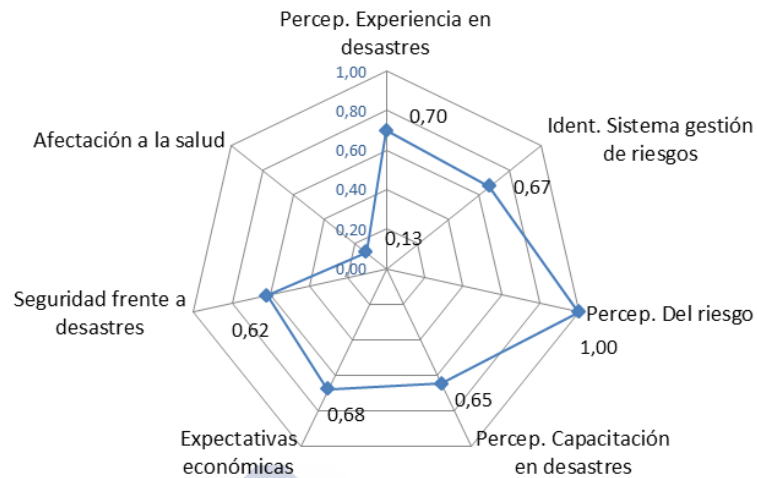
Tabla 8.32 *Estadísticos descriptivos de la dimensión experiencial para el modelo de análisis multidimensional de análisis de la resiliencia en Baños de Agua Santa*

Estadístico		Valor	Error típ.
Media		0.63571	0.09712
Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	0.39807	
	Límite superior	0.87336	
Media recortada al 5%		0.64357	
Mediana		0.67000	
Varianza		0.06603	
Desv. típ.		0.25696	
Mínimo		0.13000	
Máximo		1.00000	
Rango		0.87000	
Amplitud intercuartil		0.08000	
Asimetría		- 1.10846	0.79373
Curtosis		3.48846	1.58745

De la información de la Tabla 8.32, se desprende que las calificaciones ponderadas ajustadas de los criterios relacionados con la dimensión experiencial de la ciudad de Baños tienen una media de 0.6357 con una variabilidad de 0.2569; la mitad de las calificaciones están por debajo de 0.67; entre el criterio que tiene mayor calificación y el que tiene la menor hay una diferencia de 0.87. La distribución de las calificaciones ponderadas de los criterios presenta una asimetría negativa y una curtosis leptocúrtica; es decir, no se comporta de manera normal, sino que se aproxima a este tipo de distribución. La prueba de normalidad es la Shapiro-Wilk y su valor es de 0.067.

La modularidad en esta dimensión se fortalece a través de la percepción real del riesgo por parte de los jefes de hogar, la experiencia que la población percibe tener frente al impacto de desastres de origen natural, la identidad con el sistema de gestión de riesgos, la percepción que tiene la población frente a su capacitación en desastres, las expectativas económicas de los empresarios, criterios que fortalecen la resiliencia en esta dimensión (Gráfica 8.60). Existen dos criterios que se encuentran por debajo de la media de las calificaciones (0.6357) y se relacionan con la percepción de seguridad que tiene la población frente a los desastres de origen natural y la percepción de la afectación a la

salud como consecuencia de la erupción del volcán Tungurahua; estos tienen una incidencia poco favorable para la resiliencia en la ciudad de Baños.



Gráfica 8.60 Calificaciones normalizadas de los criterios en la dimensión experiencial  
Fuente: Elaborado a partir de los criterios unidimensionales de la dimensión experiencial

El criterio de percepción del riesgo se compone de dos elementos, la percepción de la población y el grado de amenaza global. La concordancia de estos define el nivel de conciencia real del riesgo basada en la experiencia de la población. Este criterio identifica en la población mayor apertura para asumir supuestos básicos de funcionamiento que provienen de entidades externas a esta. La percepción real del riesgo facilita los procesos de capacitación, entrenamiento y la implementación de obras de mitigación en zonas de alta vulnerabilidad. Para el caso de Baños, los resultados obtenidos apoyan estos planteamientos, pues su nivel de percepción del riesgo es el mismo que el nivel de riesgo de amenaza global, lo que ha facilitado que los procesos indicados puedan llevarse a cabo con la permeabilidad social que se requiere.

La experiencia de la población frente a desastres de origen natural amplía la diversidad de respuesta frente a las potenciales consecuencias de este. La experiencia fortalece la capacidad de la población para establecer mecanismos de redundancia en las funciones críticas del sistema socioecológico. Así, se pueden identificar grupos de profesionales que durante la emergencia pueden prestar servicios en actividades como emergencias médicas, educación, alimentación, refugio, entre otras. Para Baños, la experiencia ha sido uno de los factores más relevantes en el proceso de adaptabilidad en los diferentes estados que el sistema ecológico ha presentado en los últimos dieciséis años, durante los cuales se ha desarrollado el proceso eruptivo del volcán Tungurahua.

Las expectativas económicas del sistema empresarial establecen metas que fortalecen la modularidad, tanto en esta dimensión, como en las relacionadas con el sistema económico. La percepción de que, a pesar del impacto del desastre, el ambiente económico ha mejorado refuerza la cohesión social, que permite procesos de reorganización evolutivos, etapa que se identifica en el modelo de panarquía en la fase  $\Omega$  a  $\alpha$ . El sistema empresarial de Baños considera que, a pesar del inicio de la actividad volcánica del Tungurahua y los consecuentes problemas en el sistema socioecológico, las expectativas de los empresarios fueron positivas, llegando a considerar que la situación económica mejoró en comparación al estado previo al desastre.

Las actividades de capacitación de la población en temas relacionados con desastres naturales tienen por objetivo generar redundancia y diversidad de respuestas frente a una catástrofe. En Baños, el nivel de preparación entre alto y muy alto que las familias consideran tener frente a un desastre de origen natural está alrededor del 75%. La capacitación a través de diferentes medios y la participación activa de los pobladores de Baños en los simulacros de emergencias han sido relevantes para fortalecer la resiliencia en esta dimensión. Los procesos de capacitación establecen responsabilidades funcionales de los pobladores antes, durante y después de un desastre de origen natural, con el fin de que los subsistemas críticos (salud, educación, alimentación, etc.) no colapsen.

Los factores que han sido calificados por debajo de la media (0.6357) en esta dimensión son la percepción de seguridad frente a desastres y la percepción de afectación a la salud. Los criterios perceptuales relacionados con la experiencia apoyan los procesos de cohesión social, que pueden ser entendidos como la cohesión modular que permite la autoorganización, adaptabilidad e inclusive la transformalidad si el sistema socioeconómico no puede mantener sus funciones esenciales. La percepción de seguridad considera tres elementos: que las familias cuenten con un plan de emergencia, que conozcan el plan de mitigación de riesgos y que consideren estar preparadas para un desastre de origen natural. En el caso de Baños, los bajos niveles de conocimiento de las familias sobre el plan de mitigación (43.8%) ejercen una disminución de la percepción de seguridad y, por consiguiente, se disminuye la relevancia de este criterio en la resiliencia de esta localidad.

La percepción de afectación a la salud que tiene la población sobre el impacto del desastre natural es un factor decisivo en torno a la permanencia o no de los grupos familiares en una determinada zona geográfica que ha sido afectada por los efectos de un desastre. La percepción del riesgo sobre la salud en la ciudad de Baños fue determinante en los casos de familias que decidieron abandonar la población. El abandono de grupos familiares a través de la migración disminuye la diversidad de respuesta y la modularidad de los sistemas socioecológicos.

### **8.10 Análisis unidimensional integrado**

El análisis unidimensional tiene como objetivo establecer una conexión entre los criterios relacionados con la resiliencia en cada dimensión y sus propiedades (véase Capítulo II), que son la redundancia, la diversidad, la modularidad y la apertura. Los criterios abordados deben evidenciar estas propiedades en mayor o menor medida. La debilidad o ausencia de ellos determinan la intervención en la región a través de la política pública, la acción social o el fortalecimiento individual de sus componentes. Una de las propiedades en las que se fundamenta la agrupación en dimensiones de los criterios es la *modularidad*, que actúa como constructo básico de la resiliencia. Se puede entender así que existen ocho módulos básicos (dimensiones) que permiten a las regiones tener la capacidad dinámica de aprendizaje y adaptabilidad para que, sin cambiar sus funciones esenciales, se autoorganicen cuando han sido afectadas por un desastre, permitiendo su desarrollo y evolución.

Para comprender la naturaleza del análisis unidimensional previo a la integración del modelo de análisis multidimensional de la resiliencia, es necesario estudiar su

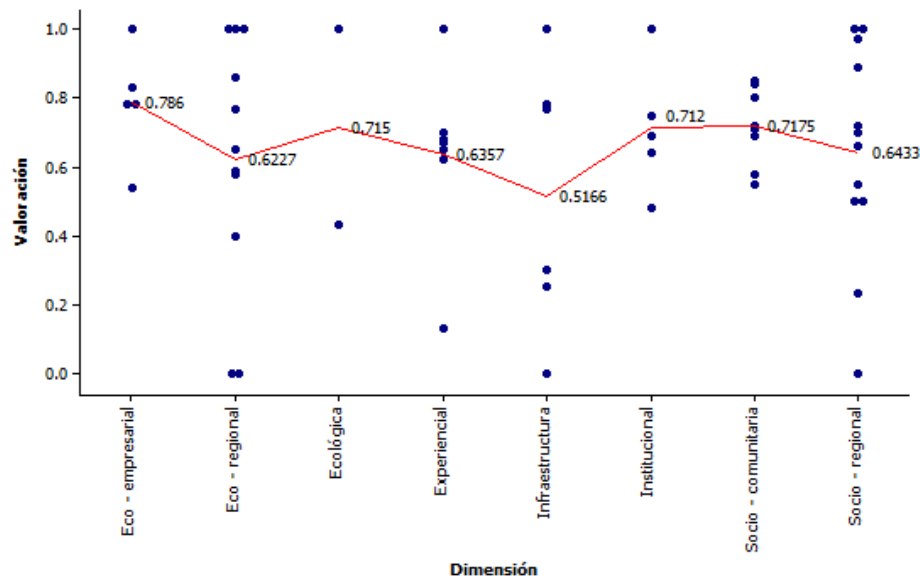
comportamiento estadístico. Así, se abordan algunos valores descriptivos y se verifica su normalidad a través de la prueba Shapiro-Wilk, debido a que en cada dimensión existen entre 2 y 12 criterios. La desagregación y análisis estadístico se presenta a continuación:

Tabla 8.33 *Prueba de normalidad por dimensiones de las calificaciones ponderadas ajustadas para el modelo de análisis multidimensional de análisis de la resiliencia en Baños de Agua Santa*

Dimensión	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Económico-regional	0.874	11	0.088
Económico-empresarial	0.684	5	0.613
Sociorregional	0.924	12	0.325
Sociocomunitaria	0.923	8	0.453
Experiencial	0.822	7	0.067
Ecológica	-	-	-
Institucional	0.963	5	0.826
Infraestructura	0.923	6	0.528

Con excepción de la dimensión ecológica, que presenta solo dos criterios, y la dimensión económico-empresarial, que tiene un valor para la prueba de Shapiro-Wilk menor al valor crítico (0.05), la distribución de los datos en las demás dimensiones puede considerarse que tiene un comportamiento cercano a la normal. El análisis individual se desarrolla en los siguientes apartados.

Por otra parte, la gráfica de valores individuales de la calificación de los criterios, considerando cada una de las dimensiones, se detalla así:



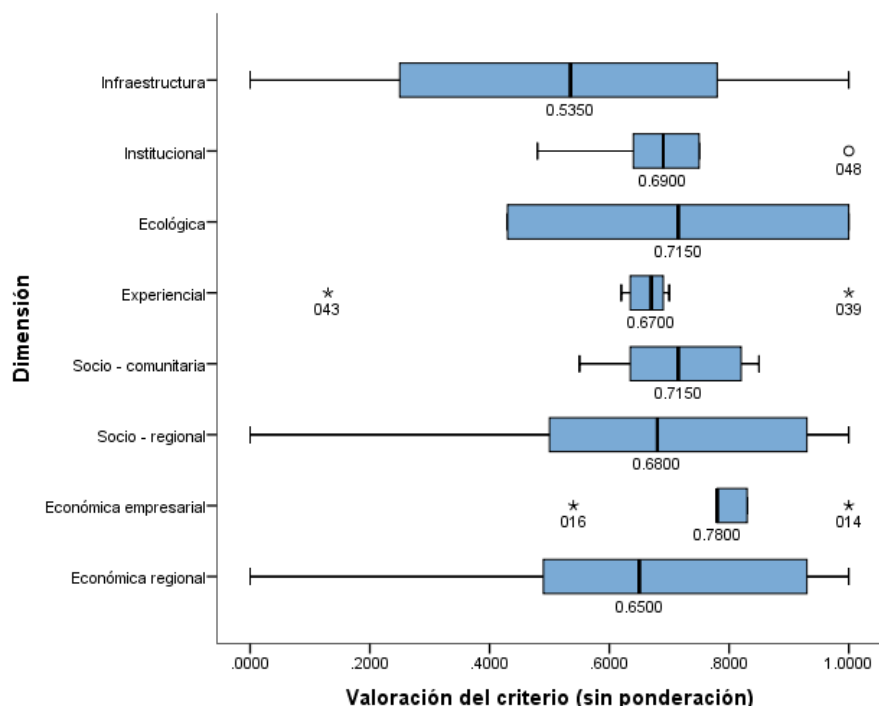
Gráfica 8.61 Distribución de valores individuales y media de la calificación ponderada por dimensión para Baños de Agua Santa

Fuente: Elaborado a partir de las calificaciones y valores de la media de los criterios unidimensionales

La Gráfica 8.62 muestra que cada dimensión tiene una media de calificación ponderada ajustada diferente. La dimensión económico-empresarial registra el valor más alto de la

media, mientras que la dimensión infraestructura registra el valor más bajo. La variabilidad de los datos en cada dimensión es diferente.

La representación del gráfico de caja (Gráfica 8.62) muestra que existen diferencias en los rangos intercuartiles en todas las dimensiones. La dimensión institucional presenta un caso atípico (valor alejado más de 1.5 longitudes de la caja del percentil 75). La dimensión experiencial presenta dos datos extremos (valor alejado más de 3 longitudes de la caja del percentil 25 y 75). La dimensión económico-empresarial, debido a la ubicación de la mediana, es no normal, es decir, la curva que representa los datos es asimétrica



Gráfica 8.62 Gráfico de cajas de las calificaciones de los criterios en cada dimensión para Baños de Agua Santa  
Fuente: Elaborado a partir de las calificaciones y valores de la mediana de los criterios unidimensionales

En la caja que representa a la dimensión infraestructura, la zona de la izquierda es mayor que la de la derecha, es decir, la valoración ponderada ajustada comprendida entre el 25% y el 50% está más dispersa que entre 50% y 75%. En el caso de la dimensión institucional, la zona de la derecha es mayor que la de la izquierda, es decir, la valoración ponderada ajustada comprendida entre el 50% y el 75% está más dispersa que entre el 25% y el 50%. Para la dimensión experiencial, la zona de la izquierda es mayor que la de la derecha, es decir, la valoración ponderada ajustada comprendida entre el 25% y el 50% está más dispersa que entre 50% y 75%. En la dimensión sociocomunitaria, la zona de la derecha es mayor que la de la izquierda, es decir, la valoración ponderada ajustada comprendida entre el 50% y el 75% está más dispersa que entre el 25% y el 50%. En la dimensión sociorregional, la zona de la derecha es mayor que la de la izquierda, es decir, la valoración ponderada ajustada comprendida entre el 50% y el 75% está más dispersa que entre el 25% y el 50%. En la dimensión económico-empresarial, la zona de la derecha es mayor que la de la izquierda, es decir, la valoración ponderada ajustada comprendida entre el 50% y el 75% está más dispersa que entre el 25% y el 50%. Para la dimensión económico-regional, la zona de la derecha es



mayor que la de la izquierda, es decir, la valoración ponderada ajustada comprendida entre el 50% y el 75% está más dispersa que entre el 25% y el 50%.

Más allá de las interpretaciones estadísticas que ofrece el diagrama de caja y la distribución de valores individuales, válidas para un posterior proceso de modelamiento basado en sistemas computacionales, la representación conjunta de los resultados en los que se puede identificar las medidas más relevantes (media, mediana, valores máximos y mínimos, percentiles, casos extremos y atípicos) permite identificar de manera gráfica cuál es la situación de cada una de las dimensiones previamente al proceso de ponderación del modelo multidimensional de análisis de la resiliencia, diseñado sobre la base de *Fuzzy AHP*. Se puede evidenciar que la dimensión económico-empresarial es la que mantiene la valoración media más alta; es decir, para el caso del cantón Baños, el ambiente empresarial, la visión de sus empresarios, la actividad empresarial femenina, el emprendimiento y el comportamiento empresarial frente al desastre han sido determinantes, o al menos sus resultados han permitido que la dimensión que los agrupa sea la de mayor incidencia en la resiliencia de esta zona geográfica.

Otras dimensiones no menos relevantes, debido a los resultados obtenidos en sus medias, son la sociocomunitaria, la ecológica y la institucional. Estas tres dimensiones ejercen una incidencia positiva sobre la resiliencia, a pesar de que mantienen valoraciones bajas en ciertos criterios que ya han sido analizados en los apartados anteriores. La acción de la gestión adaptativa sobre los criterios que presentan inconvenientes incrementaría de forma rápida la capacidad de aprendizaje, autoorganización, adaptabilidad y transformalidad del sistema socioecológico frente a impactos de desastres de origen natural.

A pesar de que Baños ha sido considerada una “Ciudad Resiliente”, sobre la base de los criterios que han sido identificados y analizados en esta investigación se encuentran ciertos elementos del sistema que no cumplen con la misión de otorgar a esta localidad las propiedades de redundancia, modularidad, diversidad y apertura, necesarias para la resiliencia. Como se ha podido evidenciar en este capítulo, varios criterios clasificados, especialmente en las dimensiones sociorregional, infraestructura, experiencial y económico-regional, han disminuido de forma considerable la resiliencia en la población de Baños. Esto obliga a realizar acciones a través de la gestión adaptativa para establecer los ajustes que consoliden un proceso resiliente en la dinámica evolutiva de la región.

Tener sistemas idealmente resilientes, con valoraciones perfectas, parece una utopía que solo puede ser concebida desde el reduccionismo determinista. La resiliencia es un proceso dinámico de cambios constantes, donde la estabilidad es el estado menos probable y donde la acción humana, entre el acierto y el error, tiene como objetivo superior la innovación, el desarrollo y la evolución. Lo que hoy puede ser un sistema resiliente, un desequilibrio en uno de sus elementos lo puede convertir en un sistema caótico para mañana. La responsabilidad de la acción humana está en incrementar las probabilidades de éxito, evitando en lo posible el cometer errores que puedan generar el colapso de su ecosistema.



## CAPÍTULO IX.- FACTOR MULTIDIMENSIONAL DE LA RESILIENCIA

### 9.1 Introducción

Cada una de las dimensiones de la resiliencia ha sido valorada en función de las caracterizaciones dadas para los criterios que las integran. Un proceso de normalización, que obedece a la metodología del modelo planteado, permite realizar un estudio comparativo desde diferentes perspectivas, no solo desde la visión global del modelo diseñado sobre la base FAHP, sino también a nivel unidimensional, evaluando los resultados obtenidos por los criterios a nivel económico-regional, económico-empresarial, sociorregional, sociocomunitario, institucional, de infraestructura, ecológico y experiencial. La flexibilidad de análisis que presenta el modelo posibilita múltiples resultados que pueden servir como base para el desarrollo de herramientas que apoyen a la gestión adaptativa de las regiones de cara a potenciales desastres de origen natural.

En este capítulo las preguntas centrales de la investigación sobre *cuáles son los factores críticos de la resiliencia*, y *cuáles son los factores relevantes de la resiliencia en la población de Baños de Agua Santa* tienen su espacio de discusión. El análisis estadístico descriptivo y la ponderación jerarquizada de criterios propia de FAHP dan respuestas a las interrogantes planteadas. Por un lado, el modelo teórico de análisis multidimensional de la resiliencia establece, en base a los juicios de los expertos, un “ideal” de incidencia de estos criterios; mientras que, por otro, el estudio empírico plantea una primera validación de procedimientos y resultados que pueden ser comparados con estudios de caso futuros.

El caso empírico propuesto puede ser contrastado con los criterios que, de acuerdo al modelo de análisis multidimensional, determinan los factores de impacto de la resiliencia. Este es un primer espacio de discusión que contrasta la visión de los expertos con la realidad de la región. Si la población de Baños de Agua Santa ha sido considerada un referente en términos de resiliencia frente a desastres de origen natural, sus características particulares que discrepan en el grado de incidencia respecto del modelo propuesto plantean líneas futuras de investigación en las que la especialización de los estudios puede identificar elementos que hasta el momento pudieron no haberse considerado.

La virtud del caso de estudio propuesto está en la escala regional de análisis. La gran mayoría de investigaciones en torno a la resiliencia se centran en países, estados o provincias, o bien consideran metodologías que exigen información que en estados altamente vulnerables son de difícil obtención. Como consecuencia, se puede evidenciar que la visión local<sup>68</sup> de la resiliencia ha sido relegada, más aún cuando se trata de cuantificarla con el objetivo de tomar decisiones que vayan en beneficio de sus pobladores, salvando excepciones como las de Joerin et al. (2012); Marcucci (2014), Rajkumar et al. (2008) o Ruiz-Ballesteros (2011) quienes, sin quitarles el mérito científico, no presentan un claro direccionamiento hacia la acción práctica de la gestión adaptativa.

---

<sup>68</sup> La visión local de la resiliencia a la que se hace referencia es para territorios (regiones) ubicados en países vulnerables a desastres de origen natural. Las zonas cercanas a la línea ecuatorial son especialmente vulnerables de acuerdo al *World Risk Report*. Se podrá identificar un mayor número de investigaciones relacionadas con la resiliencia en escalas regionales pequeñas, pero en países desarrollados, donde la información es más robusta y cuenta con estructuras longitudinales de datos. Así, se puede destacar por ejemplo el trabajo de Cutter et al. (2008).

## 9.2 Factores de impacto en la resiliencia

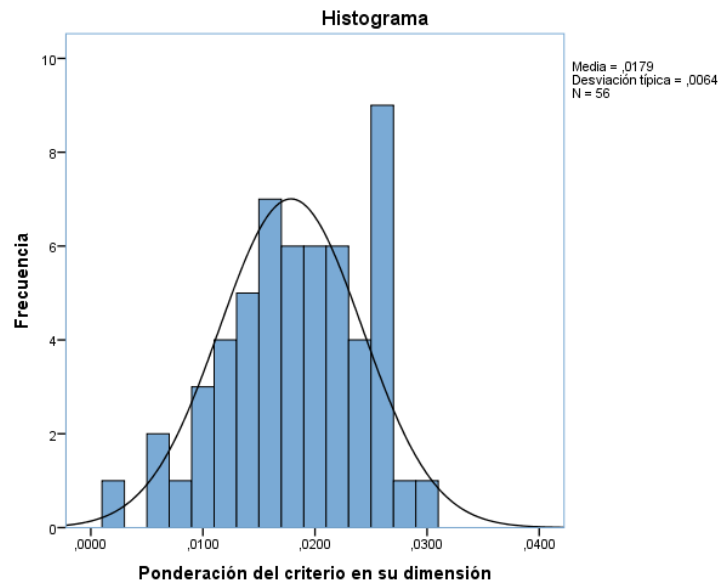
Como resultado del proceso de ponderación y jerarquización detallado en el Capítulo VII, y con el objetivo de determinar el nivel de impacto que tienen los criterios en la resiliencia, se analizan los datos obtenidos en los 56 criterios identificados a través de sus estadísticos (Tabla 9.1) y pruebas de normalidad. Los valores percentiles son utilizados como límites de medida para establecer cuatro grupos de criterios relacionados con el nivel de impacto que tienen en la resiliencia, así: los de impacto alto, relativamente alto, relativamente bajo y bajo.

Tabla 9.1 *Estadísticos descriptivos de ponderaciones ajustadas de los criterios del modelo*

Estadísticos		
N	Válidos	56
	Perdidos	0
Media		0.017857
Mediana		0.017500
Moda		0.0250
Desv. típ.		0.006377
Varianza		0.000
Asimetría		-0.374
Error típ. de asimetría		0.319
Curtosis		-0.393
Error típ. de curtosis		0.628
Rango		0.0280
Mínimo		0.0020
Máximo		0.0300
Percentiles	25	0.013250
	50	0.017500
	75	0.024000

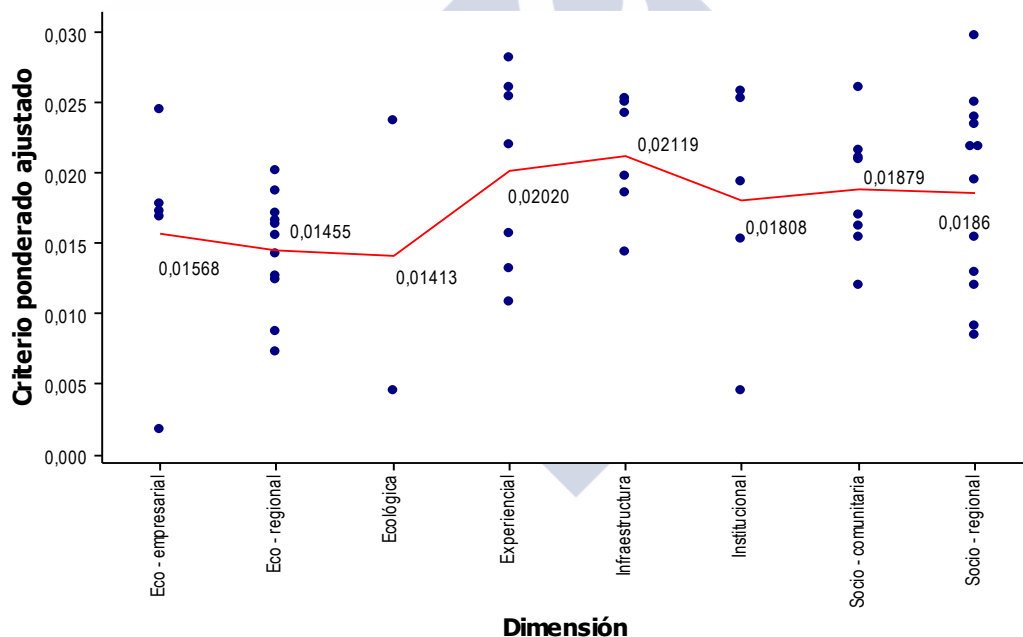
De la información de la Tabla 9.1, se desprende que las ponderaciones ajustadas de los criterios del modelo de análisis multidimensional tienen una media de 0.017857 con una variabilidad de 0.0063773; la mitad de las ponderaciones ajustadas de los criterios están por debajo de 0.017500; entre el valor que tiene mayor calificación y el que tiene la menor hay una diferencia de 0.028; además se observa que el 50% de las ponderaciones ajustadas tienen valores comprendidos entre 0.0132 y 0.024.

La distribución de las ponderaciones ajustadas de los criterios presenta una asimetría negativa y una curtosis platicúrtica; es decir, no se comporta de manera normal, sino que se aproxima a este tipo de distribución (Gráfica 9.1). La prueba de normalidad para los resultados del modelo de análisis es la Kolmogorov-Smirnov y su valor es de 0.749.



Gráfica 9.1 Histograma de ponderaciones ajustadas de los criterios del modelo

La distribución de valores individuales de los criterios ponderados ajustados, considerando cada dimensión, es la siguiente:

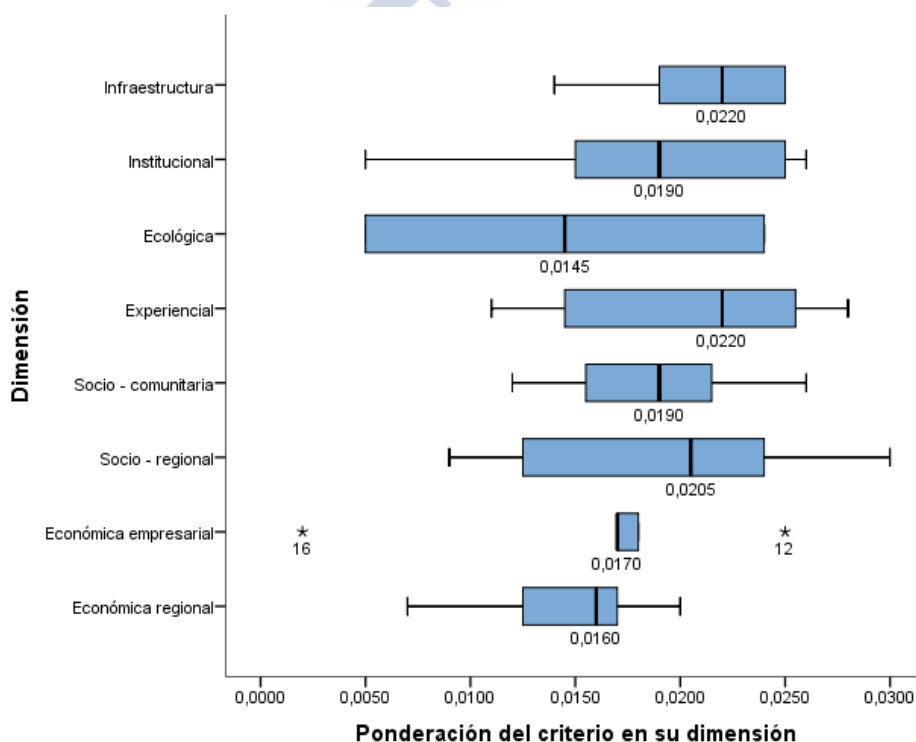


Gráfica 9.2. Distribución de valores individuales de los criterios ponderados ajustados a nivel dimensional  
Fuente: Elaborado a partir de las ponderaciones y valores de la media de los criterios ponderados en el modelo

La Gráfica 9.2 muestra que cada dimensión tiene una media de los criterios ponderados ajustados diferente. La dimensión ecológica registra el valor más bajo de la media, mientras que la variabilidad de los datos en cada dimensión es diferente.

La representación de gráfico de caja (Gráfica 9.3) muestra que existen diferencias en los rangos intercuantiles de todas las dimensiones. La dimensión empresarial presenta dos datos

extremos (valor alejado más de 3 longitudes de la caja percentil 25). La caja que representa la dimensión infraestructura presenta un equilibrio en la zona izquierda y derecha, es decir, las ponderaciones de los criterios están distribuidos uniformemente entre el 50% y el 75% y el 25% y el 50%. En el caso de la dimensión institucional, la zona de la derecha es mayor que la de la izquierda, es decir, la valoración ponderada ajustada comprendida entre el 50% y el 75% está más dispersa que entre el 25% y el 50%. En el caso de la dimensión experiencial, la zona de la izquierda es mayor que la de la derecha, es decir, la valoración ponderada ajustada comprendida entre el 25% y el 50% está más dispersa que entre 50% y 75%. En la dimensión sociocomunitaria la zona de la derecha es mayor que la de la izquierda, es decir, la valoración ponderada ajustada comprendida entre el 50% y el 75% está más dispersa que entre el 25% y el 50%. La dimensión sociorregional presenta en su gráfica de caja que la zona de la izquierda es mayor que la de la derecha, es decir, la valoración ponderada ajustada comprendida entre el 25% y el 50% está más dispersa que entre 50% y 75%. Para la dimensión económico-regional, la zona de la izquierda es mayor que la de la derecha, es decir, la valoración ponderada ajustada comprendida entre el 25% y el 50% está más dispersa que entre 50% y 75%.



**Gráfica 9.3** Gráfico de cajas de las ponderaciones de los criterios en cada dimensión.

Fuente: Elaborado a partir de las ponderaciones y valores de la media de los criterios unidimensionales

Por otro lado, se realiza un análisis del modelo, ahora considerando sus dimensiones de manera individual. La prueba de normalidad para estos casos será la Shapiro-Wilk debido a que se analizan menos de 50 datos en cada caso. Así, también se analizan los comportamientos individuales de los datos en cada dimensión y se comparan entre dimensiones.

Los resultados de la prueba de normalidad Shapiro-Wilk (Tabla 9.2) en todos los casos, excepto en la dimensión ecológica por tener dos datos, son mayores al valor crítico de 0.05, por lo que pueden ser tratados como distribuciones normales.

Tabla 9.2 Prueba de normalidad por dimensiones de los criterios ponderados y ajustados del modelo

Dimensión	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Económico-regional	0.951	11	0.653
Económico-empresarial	0.853	5	0.203
Sociorregional	0.932	12	0.406
Sociocomunitaria	0.968	8	0.883
Experiencial	0.909	7	0.386
Ecológica	-	-	-
Institucional	0.918	5	0.516
Infraestructura	0.875	6	0.247

Fuente: Elaborado a partir de los resultados del modelo ponderado a través del FAHP

### 9.2.1 Factores de alto impacto para la resiliencia

Considerando como límites los datos de los percentiles, los valores de los criterios ajustados que superan el 0.024 son calificados como de alto impacto para la resiliencia. El detalle de estos se presenta a continuación:

Tabla 9.3 Factores de alto impacto para la resiliencia por criterio ponderado ajustado

Dimensión	Criterio	Criterio ponderado ajustado
Sociorregional	Cobertura médica	0.0298
Experiencial	Percep. Experiencia en desastres	0.0281
Experiencial	Ident. Sistema gestión de riesgos	0.0260
Sociocomunitaria	RSA individual	0.0260
Institucional	Prevención	0.0259
Experiencial	Percep. Del riesgo	0.0255
Infraestructura	Servicios básicos	0.0252
Institucional	Mitigación de riesgos	0.0252
Sociorregional	Identidad	0.0251
Infraestructura	Planificación urbana	0.0251
Económico-empresarial	Ambiente empresarial	0.0245
Infraestructura	Líneas de vida para evacuación	0.0242

Fuente: Elaborado a partir de los resultados del modelo ponderado a través del FAHP

### 9.2.2 Factores de impacto relativamente alto para la resiliencia

Considerando como límites los datos de los percentiles, los valores de los criterios ajustados que se encuentren en el rango [0.0175,0.024] son calificados como de impacto relativamente alto para la resiliencia. El detalle de estos se presenta a continuación:



Tabla 9.4 Factores de impacto relativamente alto para la resiliencia por criterio ponderado ajustado

Dimensión	Criterio	Criterio ponderado ajustado
Sociorregional	Cob. Seguro de salud	0.0239
Ecológica	Riesgo de amenaza natural	0.0237
Sociorregional	Vulnerabilidad social	0.0235
Experiencial	Percep. Capacitación en desastres	0.0221
Sociorregional	Nivel de educación	0.0219
Sociorregional	Educación básica	0.0219
Sociocomunitaria	RSA Cohesión comunitaria	0.0216
Sociocomunitaria	Liderazgo	0.0210
Sociocomunitaria	RSA Solidaridad	0.0209
Económico-regional	Empleo	0.0202
Infraestructura	Infraestructura de sistema de salud	0.0198
Sociorregional	Discapacidades	0.0195
Institucional	Coordinación institucional	0.0194
Económico-regional	Abastecimiento	0.0187
Infraestructura	Monitoreo de desastres	0.0186
Económico-empresarial	Visión empresarial	0.0178
Económico-empresarial	Actividad empresarial femenina	0.0173
Económico-regional	Equidad de ingreso	0.0171
Sociocomunitaria	RSA Cohesión familiar	0.0170

Fuente: Elaborado a partir de los resultados del modelo ponderado a través del FAHP

### 9.2.3 Factores de impacto relativamente bajo para la resiliencia

Considerando como límites los datos de los percentiles, los valores de los criterios ajustados que se encuentren en el rango [0.0132,0.0175] son calificados como de impacto relativamente bajo para la resiliencia. El detalle de estos se presenta a continuación:

Tabla 9.5 Factores de impacto relativamente bajo para la resiliencia por criterio ponderado ajustado

Dimensión	Criterio	Criterio ponderado ajustado
Económico-empresarial	Emprendimiento	0.0169
Económico-regional	Propiedad de la vivienda	0.0166
Económico-regional	Pobreza	0.0163
Sociocomunitaria	Confianza institucional	0.0162
Experiencial	Expectativas económicas	0.0157
Económico-regional	Diversidad económica	0.0155
Sociocomunitaria	Asociatividad	0.0155
Sociorregional	Ocupación	0.0154
Institucional	Planes de emergencia institucional	0.0154
Infraestructura	Cobertura móvil	0.0144
Económico-regional	Empleo femenino	0.0142

Fuente: Elaborado a partir de los resultados del modelo ponderado a través del FAHP

### 9.2.4 Factores de bajo impacto para la resiliencia

Considerando como límites los datos de los percentiles, los valores de los criterios ajustados que se encuentren en el rango  $[0,0.0132]$  son calificados como de impacto relativamente bajo para la resiliencia. El detalle de estos se presenta a continuación:

Tabla 9.6 Factores de bajo impacto para la resiliencia por criterio ponderado ajustado

Dimensión	Criterio	Criterio ponderado ajustado
Experiencial	Seguridad frente a desastres	0.0132
Sociorregional	Edad de la población	0.0130
Económico-regional	Asequibilidad regional	0.0126
Económico-regional	Dependencia económica	0.0125
Sociorregional	Identidad empresarial con el territorio	0.0121
Sociocomunitaria	RSE con el territorio	0.0120
Experiencial	Afectación a la salud	0.0109
Sociorregional	Género	0.0092
Económico-regional	Empleo por sectores	0.0088
Sociorregional	Influencia religiosa	0.0085
Económico-regional	Vulnerabilidad económica	0.0074
Ecológica	Biodiversidad ecológica	0.0046
Institucional	Conocimiento plan de emerg. (empresas)	0.0045
Económico-empresarial	Comp. Empresariales frente a desastres	0.0018

Fuente: Elaborado a partir de los resultados del modelo ponderado a través del FAHP

### 9.3 Análisis multidimensional integrado para la ciudad de Baños

El análisis multidimensional integrado considera las ocho dimensiones que componen la resiliencia, con cada uno de los criterios que las definen. El resultado es la suma de las valoraciones ponderadas ajustadas que se obtienen de la multiplicación de las valoraciones de los criterios normalizadas (escala de 0 a 1) por el criterio ponderado ajustado. El resultado final corresponde a un factor cuyo rango está entre  $[0,1]$ . Podría entenderse como un valor que sintetiza la resiliencia; sin embargo, a pesar de que en el procedimiento de selección de criterios que componen cada dimensión se procuró considerar todos los propuestos desde estudios empíricos, así como desde la visión de expertos, la capacidad operativa de estos fue determinante en su elección. Las principales razones fueron la dificultad en la obtención de información y la calidad de la misma.

A pesar de que el método *Fuzzy AHP* ha sido muy utilizado en el diseño de índices sintéticos (Schuschny y Soto, 2009), la influencia de los decisores<sup>69</sup> que, a la vez es una fortaleza del modelo, lo asocia también con cierta subjetividad. La intención de la metodología al aplicarse en la evaluación de la resiliencia es permitir una toma de decisiones planificada, oportuna y eficaz en territorios propensos a desastres de origen natural. Como se podrá ver más adelante, el objetivo del modelo de análisis se cumple con la identificación de criterios relevantes que influyen en la resiliencia, así como por la posibilidad de compararlo

<sup>69</sup> Los decisores en esta investigación han sido seleccionados en base a la experiencia que han tenido en la gestión de desastres, antes, durante y después de que estos afectaran a poblaciones como Baños de Agua Santa, así como otras en América Latina.

con una estructura “ideal” de criterios con el fin de establecer líneas de acción que faciliten la gestión del riesgo en las zonas propensas a afectaciones de desastres de origen natural. A continuación (Tabla 9.7), se detallan los resultados obtenidos de la aplicación del modelo de análisis basado en *Fuzzy AHP* para el cantón Baños en Ecuador.

Tabla 9.7 Valores ponderados ajustados para el modelo de análisis multidimensional de la resiliencia en Baños de Agua Santa

Dimensión	Criterio	Ponderación por criterio	Valoración del criterio	Criterio ponderado ajustado	Valoración ponderada ajustada
Económico-regional	Empleo	0.126	0.580	0.020	<b>0.012</b>
	Abastecimiento	0.117	1.000	0.019	<b>0.019</b>
	Equidad de ingreso	0.107	0.590	0.017	<b>0.010</b>
	Propiedad de la vivienda	0.104	0.650	0.017	<b>0.011</b>
	Pobreza	0.102	0.860	0.016	<b>0.014</b>
	Diversidad económica	0.097	0.000	0.016	<b>0.000</b>
	Empleo femenino	0.089	0.400	0.014	<b>0.006</b>
	Asequibilidad regional	0.079	1.000	0.013	<b>0.013</b>
	Dependencia económica	0.078	1.000	0.012	<b>0.012</b>
	Empleo por sectores	0.055	0.770	0.009	<b>0.007</b>
Económico-empresarial	Vulnerabilidad económica	0.046	0.000	0.007	<b>0.000</b>
	Ambiente empresarial	0.313	0.780	0.025	<b>0.019</b>
	Visión empresarial	0.227	0.780	0.018	<b>0.014</b>
	Actividad empresarial femenina	0.221	1.000	0.017	<b>0.017</b>
	Emprendimiento	0.216	0.830	0.017	<b>0.014</b>
Sociorregional	Comp. Empresariales frente a desastres	0.023	0.540	0.002	<b>0.001</b>
	Cobertura médica	0.133	0.000	0.030	<b>0.000</b>
	Identidad	0.112	0.720	0.025	<b>0.018</b>
	Cob. Seguro de salud	0.107	0.230	0.024	<b>0.006</b>
	Vulnerabilidad social	0.105	0.550	0.024	<b>0.013</b>
	Nivel de educación	0.098	0.500	0.022	<b>0.011</b>
	Educación básica	0.098	1.000	0.022	<b>0.022</b>
	Discapacidades	0.087	0.970	0.019	<b>0.019</b>
	Ocupación	0.069	0.500	0.015	<b>0.008</b>
	Edad de la población	0.058	1.000	0.013	<b>0.013</b>
Sociocomunitaria	Identidad empresarial con el territorio	0.054	0.890	0.012	<b>0.011</b>
	Género	0.041	0.660	0.009	<b>0.006</b>
	Influencia religiosa	0.038	0.700	0.009	<b>0.006</b>
	RSA individual	0.173	0.800	0.026	<b>0.021</b>
	RSA Cohesión comunitaria	0.144	0.850	0.022	<b>0.018</b>
	Liderazgo	0.140	0.710	0.021	<b>0.015</b>
	RSA Solidaridad	0.139	0.720	0.021	<b>0.015</b>
	RSA Cohesión familiar	0.113	0.690	0.017	<b>0.012</b>
	Confianza institucional	0.108	0.580	0.016	<b>0.009</b>
	Asociatividad	0.103	0.550	0.015	<b>0.009</b>
Experiencial	RSE con el territorio	0.080	0.840	0.012	<b>0.010</b>
	Percep. Experiencia en desastres	0.199	0.700	0.028	<b>0.020</b>
	Ident. Sistema gestión de riesgos	0.184	0.670	0.026	<b>0.017</b>
	Percep. Del riesgo	0.180	1.000	0.025	<b>0.025</b>
	Percep. Capacitación en desastres	0.156	0.650	0.022	<b>0.014</b>
	Expectativas económicas	0.111	0.680	0.016	<b>0.011</b>
	Seguridad frente a desastres	0.093	0.620	0.013	<b>0.008</b>
Ecológica	Afectación a la salud	0.077	0.130	0.011	<b>0.001</b>
	Riesgo de amenaza natural	0.837	0.430	0.024	<b>0.010</b>
	Biodiversidad ecológica	0.163	1.000	0.005	<b>0.005</b>
Institucional	Prevención	0.286	0.750	0.026	<b>0.019</b>
	Mitigación de riesgos	0.279	0.480	0.025	<b>0.012</b>
	Coordinación institucional	0.215	1.000	0.019	<b>0.019</b>
	Planes de emergencia institucional	0.170	0.690	0.015	<b>0.011</b>
	Conocimiento plan de emerg. (empresas)	0.050	0.640	0.005	<b>0.003</b>

Fuente: Elaborado a partir de los resultados del modelo ponderado a través del *FAHP*

Tabla 9.7 Continuación

	Servicios básicos	0.198	0.770	0.025	<b>0.019</b>
	Planificación urbana	0.197	0.300	0.025	<b>0.008</b>
Infraestructura	Líneas de vida para evacuación	0.190	0.250	0.024	<b>0.006</b>
	Infraestructura de sistema de salud	0.155	0.000	0.020	<b>0.000</b>
	Monitoreo de desastres	0.146	1.000	0.019	<b>0.019</b>
	Cobertura móvil	0.113	0.780	0.014	<b>0.011</b>
					<b>0.648</b>

El valor obtenido en un rango de [0,1]; en concreto, en el modelo de análisis multidimensional de la resiliencia para el cantón Baños es de 0.648. El análisis del comportamiento estadístico del modelo, así como de cada una de las dimensiones que lo componen, se presenta en los siguientes apartados.

### 9.3.1 Análisis descriptivo del modelo multidimensional en el cantón Baños

Los resultados obtenidos del modelo de análisis multidimensional basado en *Fuzzy AHP* se someten a un análisis descriptivo y de normalidad, obteniéndose lo siguiente:

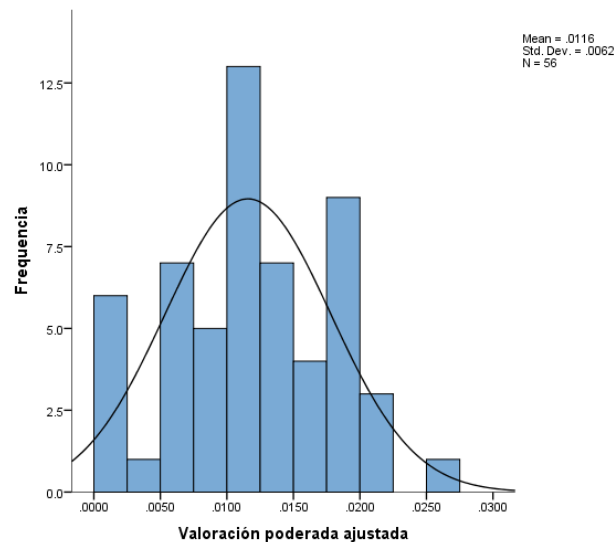
Tabla 9.8 Estadísticos descriptivos de las calificaciones ponderadas ajustadas para el modelo de análisis multidimensional de análisis de la resiliencia en Baños de Agua Santa

Estadísticos	
Media	0.011582
Mediana	0.011500
Moda	0.0110 <sup>a</sup>
Est. Desviación	0.006234
Varianza	0.000
Asimetría	-0.147
Est. Error de asimetría	0.319
Curtosis	-0.574
Est. Error de curtosis	0.628
Rango	0.0250
Mínimo	0.0000
Máximo	0.0250
25	0.007250
Percentiles 50	0.011500
75	0.017000

<sup>a</sup> Existen varias modas, se muestra el valor más pequeño

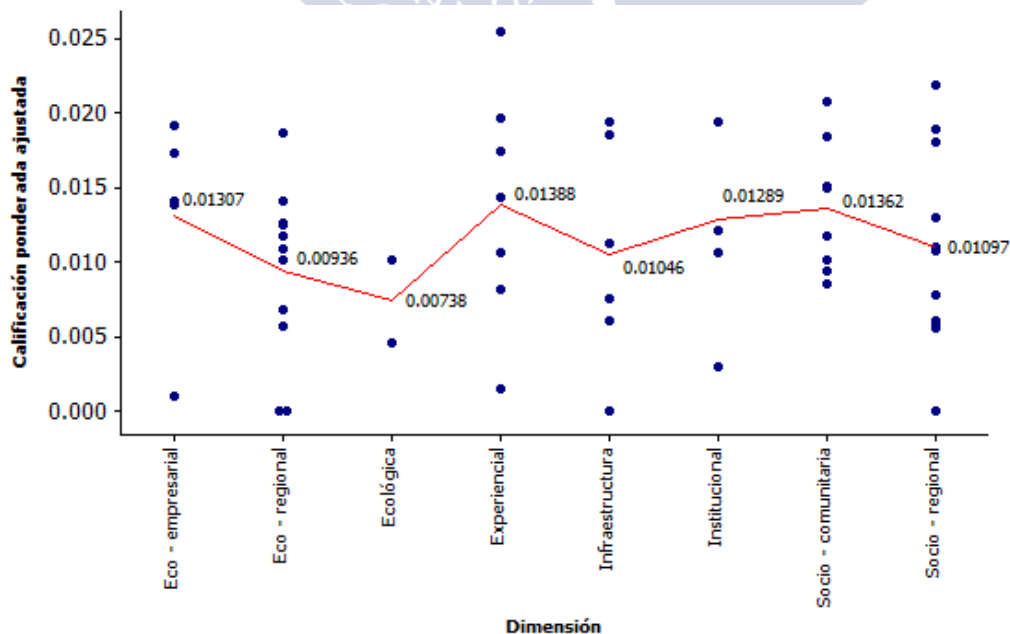
De la información de la Tabla 9.8, se desprende que las calificaciones ponderadas ajustadas de los criterios en el modelo de análisis multidimensional tienen una media de 0.011582 con una variabilidad de 0.006234; la mitad de las valoraciones están por debajo de 0.0115; entre el criterio que tiene mayor calificación y el que tiene la menor hay una diferencia de 0.0250; además se observa que el 50% de los criterios tienen una calificación comprendida entre 0.007250 y 0.017000.

La distribución de las calificaciones ponderadas ajustadas de los criterios presenta una asimetría negativa y una curtosis platicúrtica; es decir, no se comporta de manera normal, sino que se aproxima a este tipo de distribución (Gráfica 9.4). La prueba de normalidad es la Kolmogorov-Smirnov y su valor es de 0.119.



Gráfica 9.4 Histograma de calificaciones ponderadas ajustadas para Baños de Agua Santa

El análisis descriptivo de los resultados de la aplicación del modelo para el caso de la población de Baños de Agua Santa presenta datos que son útiles en los procesos de validación de los algoritmos computacionales, que pueden ser considerados en una siguiente etapa de esta investigación, en la que la propuesta de Análisis Multidimensional de la Resiliencia pase al campo de la simulación de sistemas. Ahora es importante comparar los resultados unidimensionales obtenidos en el Capítulo VIII y el resultado de esos datos incorporados al modelo basado en *FuzzyAHP* que se propone en este estudio. En la Gráfica 9.5 se representa la distribución de calificaciones individuales y el valor de la media para cada dimensión. Esta última sirve como base para el estudio comparativo entre los criterios no ponderados (Gráfica 8.62) y los ponderados.



Gráfica 9.5 Distribución de valores individuales y media de las calificaciones ponderadas ajustadas para Baños de Agua Santa

Fuente: Elaborado a partir del modelo *Fuzzy AHP*

El primer cambio importante que se puede identificar es que, considerando el análisis en conjunto, la media de la dimensión económico-empresarial pasa del primero al segundo lugar en orden de relevancia para la resiliencia en el cantón Baños. Este cambio se debe a que los factores de ponderación del modelo afectaron a la relevancia de los diferentes criterios analizados. Bajo esta lógica, la dimensión que en su conjunto aporta en mayor grado a la resiliencia en el caso de estudio es la experiencial, seguida de la económico-empresarial y la sociocomunitaria. La dimensión institucional también presenta un valor importante que puede ser considerado como relevante para la resiliencia.

La dimensión infraestructura, que en el análisis unidimensional se presentaba como la menos resiliente, al considerar las ponderaciones del modelo, mejora su situación ubicándose en sexta posición en orden jerárquico de relevancia para la resiliencia en el cantón Baños. Otro cambio importante es el que sufre la dimensión ecológica, que, luego de pasar por el modelo, se convierte en la de menor incidencia en el caso estudiado.

En el análisis unidimensional, se realizó un estudio de la situación de cada uno de los criterios independientemente del nivel de relevancia que tienen sobre la resiliencia; sin embargo, se consideró el comportamiento de cada uno de estos en relación a las propiedades de la resiliencia y las capacidades que esta desarrolla en los sistemas socioecológicos. Ahora, en el modelo multidimensional, se considera la relevancia de cada criterio sobre el objetivo común de análisis, que es la resiliencia. Los resultados del modelo multidimensional aplicado al caso de estudio permiten tres cosas:

1. Identificar la relevancia que tiene cada criterio para la resiliencia en el caso estudiado.
2. Facilitar el diseño de mecanismos de gestión utilizando como base los resultados del modelo de análisis multidimensional de la resiliencia.
3. Realizar comparaciones territoriales.

Tanto la relevancia como los mecanismos para la gestión adaptativa son objetivos de esta investigación, mientras que otros estudios de caso para establecer comparaciones territoriales son nuevas metas de investigación que quedan para trabajos futuros. A continuación se pueden identificar los criterios, su dimensión y la relevancia que tienen sobre Baños de Agua Santa. Estos resultados se complementan con el análisis unidimensional realizado en el Capítulo VIII.

### **9.3.2 Factores relevantes en la adaptabilidad de Baños de Agua Santa**

Las calificaciones de los criterios, al ser integradas en el modelo de análisis multidimensional, permiten identificar aquellos que tienen mayor relevancia en la resiliencia del cantón Baños. Así, los rangos determinados por los percentiles de la valoración ponderada ajustada clasifican las puntuaciones en cuatro grupos, que representan los niveles de relevancia en un rango que va desde muy alta a muy baja.

Las valoraciones ponderadas ajustadas que superen el valor de 0.0170 son calificadas como de relevancia muy alta en la determinación de la resiliencia de Baños. El detalle se presenta a continuación:

Tabla 9.9 *Factores de relevancia muy alta en el modelo de análisis multidimensional de la resiliencia en la ciudad de Baños de Agua Santa*

Dimensión	Criterio	Valoración ponderada ajustada	Relevancia calificada
Experiencial	Percep. Del riesgo	0.0255	Muy alta
Sociorregional	Educación básica	0.0219	Muy alta
Sociocomunitaria	RSA individual	0.0208	Muy alta
Experiencial	Percep. Experiencia en desastres	0.0197	Muy alta
Institucional	Coordinación institucional	0.0194	Muy alta
Infraestructura	Servicios básicos	0.0194	Muy alta
Institucional	Prevención	0.0194	Muy alta
Económico-empresarial	Ambiente empresarial	0.0191	Muy alta
Sociorregional	Discapacidades	0.0189	Muy alta
Económico-regional	Abastecimiento	0.0187	Muy alta
Infraestructura	Monitoreo de desastres	0.0186	Muy alta
Sociocomunitaria	RSA Cohesión comunitaria	0.0184	Muy alta
Sociorregional	Identidad	0.0180	Muy alta
Experiencial	Ident. Sistema gestión de riesgos	0.0174	Muy alta
Económico-empresarial	Actividad empresarial femenina	0.0173	Muy alta

Las valoraciones ponderadas ajustadas que se encuentren en el rango [0.0115,0.0170] son calificadas como de relevancia alta en la determinación de la resiliencia de Baños. El detalle se presenta a continuación:

Tabla 9.10 *Factores de relevancia alta en el modelo de análisis multidimensional de la resiliencia en la ciudad de Baños de Agua Santa*

Dimensión	Criterio	Valoración ponderada ajustada	Relevancia calificada
Sociocomunitaria	RSA Solidaridad	0.0150	Alta
Sociocomunitaria	Liderazgo	0.0149	Alta
Experiencial	Percep. Capacitación en desastres	0.0143	Alta
Económico-empresarial	Emprendimiento	0.0141	Alta
Económico-regional	Pobreza	0.0140	Alta
Económico-empresarial	Visión empresarial	0.0139	Alta
Sociorregional	Edad de la población	0.0130	Alta
Sociorregional	Vulnerabilidad social	0.0129	Alta
Económico-regional	Asequibilidad regional	0.0126	Alta
Económico-regional	Dependencia económica	0.0125	Alta
Institucional	Mitigación de riesgos	0.0121	Alta
Sociocomunitaria	RSA Cohesión familiar	0.0117	Alta
Económico-regional	Empleo	0.0117	Alta
Infraestructura	Cobertura móvil	0.0112	Alta

Las valoraciones ponderadas ajustadas que se encuentren en el rango [0.0072,0.0115] son calificadas como de relevancia baja en la determinación de la resiliencia de Baños. El detalle se presenta a continuación:



Tabla 9.11 Factores de relevancia baja en el modelo de análisis multidimensional de la resiliencia en la ciudad de Baños de Agua Santa

Dimensión	Criterio	Valoración ponderada ajustada	Relevancia calificada
Sociorregional	Nivel de educación	0.0110	Baja
Económico-regional	Propiedad de la vivienda	0.0108	Baja
Sociorregional	Identidad empresarial con el territorio	0.0108	Baja
Experiencial	Expectativas económicas	0.0107	Baja
Institucional	Planes de emergencia institucional	0.0106	Baja
Ecológica	Riesgo de amenaza natural	0.0102	Baja
Económico-regional	Equidad de ingreso	0.0101	Baja
Sociocomunitaria	RSE con el territorio	0.0101	Baja
Sociocomunitaria	Confianza institucional	0.0094	Baja
Sociocomunitaria	Asociatividad	0.0085	Baja
Experiencial	Seguridad frente a desastres	0.0082	Baja
Sociorregional	Ocupación	0.0077	Baja
Infraestructura	Planificación urbana	0.0075	Baja

Las valoraciones ponderadas ajustadas que sean menores a 0.00725 son calificadas como de relevancia muy baja en la determinación de la resiliencia de Baños. El detalle se presenta a continuación:

Tabla 9.12 Factores de relevancia muy baja en el modelo de análisis multidimensional de la resiliencia en la ciudad de Baños de Agua Santa

Dimensión	Criterio	Valoración ponderada ajustada	Relevancia calificada
Económico-regional	Empleo por sectores	0.0068	Muy Baja
Sociorregional	Género	0.0061	Muy Baja
Infraestructura	Líneas de vida para evacuación	0.0060	Muy Baja
Sociorregional	Influencia religiosa	0.0060	Muy Baja
Económico-regional	Empleo femenino	0.0057	Muy Baja
Sociorregional	Cob. Seguro de salud	0.0055	Muy Baja
Ecológica	Biodiversidad ecológica	0.0046	Muy Baja
Institucional	Conocimiento plan de emerg. (empresas)	0.0029	Muy Baja
Experiencial	Afectación a la salud	0.0014	Muy Baja
Económico-empresarial	Comp. Empresariales frente a desastres	0.0010	Muy Baja
Sociorregional	Cobertura médica	0.0000	Muy Baja
Infraestructura	Infraestructura de sistema de salud	0.0000	Muy Baja
Económico-regional	Diversidad económica	0.0000	Muy Baja
Económico-regional	Vulnerabilidad económica	0.0000	Muy Baja

Los factores relevantes que promueven la resiliencia en Baños de Agua Santa son de carácter endógeno, ya que se basan en sus condiciones individuales y de acción comunitaria, en una percepción optimista del ambiente empresarial que, a la vez, tiene una alta influencia de la mujer, en altos niveles de concienciación sobre el riesgo, sus sistemas de alerta y prevención. La identidad de la población con su territorio y la coordinación institucional frente a potenciales desastres en la región son criterios determinantes que han sido

desarrollados en estos últimos dieciséis años, conjuntamente con los demás factores que han permitido la cualificación de Baños de Agua Santa como resiliente.

#### 9.4 Gobernanza adaptativa

La gobernanza adaptativa se postula como “gestión de la resiliencia” (Cooper & Wheeler, 2015), es decir, como los procesos de planificación, organización, ejecución y control que promuevan la resiliencia en una determinada región que ha sido afectada por factores exógenos y tiene que experimentar un cambio o transición a un nuevo sistema. Lo más importante para la gobernanza adaptativa es la capacidad de los interesados para autoorganizarse, compartir conocimientos, promover un fuerte liderazgo y establecer redes que permitan la toma de decisiones (Folke et al., 2005) que fortalezcan la redundancia, la diversidad, la modularidad y la apertura en su sistema territorial.

La gestión de la resiliencia permite mantener los ecosistemas en funcionamiento, para lo cual se requiere de la capacidad social para responder a la regeneración del medio ambiente y el cambio (Carpenter et al., 2001). Esto se logra a través de la capacidad de observación, comprensión e interpretación de los procesos y variables críticas que intervienen en la dinámica de los ciclos panárquicos, por lo que la participación de una gama de actores (transdisciplinar) en múltiples escala (dimensiones y criterios) es necesaria para hacer frente a las interrelaciones dinámicas que se dan entre ellos, para el manejo de la incertidumbre, la imprevisibilidad y la sorpresa (Folke et al., 2005).

Siguiendo a Folke et al. (2005), la gobernanza adaptativa se ha centrado en la experimentación, el aprendizaje y la participación colectiva. Durante la fase de crisis del sistema socioecológico (fase  $K a \Omega$ ), la gobernanza adaptativa tiende a ser de carácter informal; sin embargo, durante el proceso de transición, en la fase  $\Omega a \alpha$ , la gobernanza adaptativa debe institucionalizarse de manera formal para garantizar el desarrollo y la innovación del sistema (Chaffin y Gunderson, 2016).

Como apoyo a la gobernanza adaptativa, esta investigación propone una metodología que no solo identifica la jerarquía de los procesos interescales que promueven la resiliencia, sino también establece un mecanismo para la toma colectiva y transdisciplinar de las decisiones orientadas a la gestión de los riesgos y desastres. El *Fuzzy AHP*, además de considerar las estructuras jerárquicas y sus relaciones interescales, toma en cuenta los niveles de incertidumbre asociados a los juicios humanos (Herrera y Osorio, 2006; Ishizaka, 2014).

El modelo de análisis multidimensional, más allá de establecer un proceso jerárquico de clasificación y ponderación de criterios inherentes a la resiliencia, permite realizar un análisis comparativo entre el modelo teórico<sup>70</sup> y la realidad de la región/territorio que es evaluada sobre la base de los componentes de este modelo. El resultado es una herramienta de planificación que se circunscribe dentro de los lineamientos de la gobernanza adaptativa. Los criterios ponderados ajustados configuran una estructura jerárquica de cuatro niveles, determinados por los límites percentiles del análisis estadístico. De igual forma, los criterios calificados ponderados de la región de estudio determinan una estructura jerárquica de factores relevantes en cuatro niveles, los cuales

<sup>70</sup> Construido sobre la base de experiencias de pobladores y criterios de expertos.

permiten el diseño de una herramienta metodológica que facilita los procesos de toma de decisiones en torno a la gestión de la resiliencia.

Los resultados derivados de la relación entre la relevancia calificada de la región de estudio y el impacto de los factores en la resiliencia se sintetizan en cuatro opciones (Gráfica 9.6): acción inmediata, acciones de fortalecimiento continuo, acciones de mediano plazo (2 a 4 años) y acciones de largo plazo (más de 4 años). Este proceso de jerarquización de acciones permite una adecuada administración de recursos orientada a mejorar la capacidad dinámica de aprendizaje y adaptabilidad de la región para su autoorganización en respuesta al impacto de un desastre de origen natural.

RELEVANCIA CALIFICADA (CASO)	MUY ALTA	Acciones de fortalecimiento continuo	Acciones de fortalecimiento continuo	Acciones de mejora a largo plazo (más de 4 años)	Acciones de mejora a largo plazo (más de 4 años)
	ALTA	Acciones de fortalecimiento continuo	Acciones de fortalecimiento continuo	Acciones de mejora a largo plazo (más de 4 años)	Acciones de mejora a largo plazo (más de 4 años)
	BAJA	Acción inmediata	Acción inmediata	Acciones de mejora a mediano plazo (2 a 4 años)	Acciones de mejora a mediano plazo (2 a 4 años)
	MUY BAJA	Acción inmediata	Acción inmediata	Acciones de mejora a mediano plazo (2 a 4 años)	Acciones de mejora a mediano plazo (2 a 4 años)
		ALTO	RELAT. ALTO	RELAT. BAJO	BAJO
IMPACTO EN LA RESILIENCIA (MODELO)					

Gráfica 9.6 Matriz de acción para el desarrollo de la resiliencia  
Fuente: Elaborado a partir del cruce del modelo *Fuzzy AHP*

Además de la jerarquización del tiempo de acción, es posible la interpretación de los focos de acción, debido a que cada criterio ha sido caracterizado en el modelo de análisis multidimensional. Para el cantón Baños en Ecuador, se ha desarrollado una primera aplicación, cuyos resultados se presentan en los siguientes apartados.

#### 9.4.1 Acciones inmediatas

Se evidencia que los criterios relacionados con infraestructura y la dimensión socio regional establecen los objetivos de inmediato cumplimiento por parte de la gestión pública. De acuerdo a la Tabla 9.13, son necesarias políticas claras y efectivas para la planificación urbana, el diseño y construcción de nuevas vías de acceso al cantón (fuera de zonas de riesgo), la asignación de personal médico para la atención de la población, la ampliación de la cobertura del seguro de salud y mejoras en el nivel de educación. También es importante generar mecanismos para una distribución más equitativa del ingreso en la población de Baños.

Tabla 9.13 *Criterios para acción inmediata en la gobernanza adaptativa de Baños de Agua Santa*

Dimensión	Criterio	Relevancia calificada	Nivel de impacto en la resiliencia
Sociorregional	Cobertura médica	Muy Baja	Alto
Infraestructura	Planificación urbana	Baja	Alto
Infraestructura	Líneas de vida para evacuación	Muy Baja	Alto
Sociorregional	Cob. Seguro de salud	Muy Baja	Alto
Ecológica	Riesgo de amenaza natural	Baja	Relativamente alto
Sociorregional	Nivel de educación	Baja	Relativamente alto
Infraestructura	Infraestructura de sistema de salud	Muy Baja	Relativamente alto
Económico-regional	Equidad de ingreso	Baja	Relativamente alto

### 9.4.2 Acciones de fortalecimiento continuo

Se ha podido identificar una serie de criterios (Tabla 9.14) que para la población de Baños de Agua Santa son una fortaleza relevante para promover y fortalecer su resiliencia. Por consiguiente, la gestión adaptativa se ve obligada a mantener y acrecentarlos tanto cualitativamente como cuantitativamente. Se puede evidenciar que criterios relacionados con la experiencia que ha tenido la población, así como su estructura comunitaria y empresarial son elementos claves que han articulado una base sólida para el desarrollo a pesar de las afectaciones generadas por el impacto de la erupción del volcán Tungurahua.

Tabla 9.14 *Criterios para el fortalecimiento continuo en la gobernanza adaptativa de Baños de Agua Santa*

Dimensión	Criterio	Relevancia calificada	Nivel de impacto en la resiliencia
Experiencial	Percep. Experiencia en desastres	Muy alta	Alto
Experiencial	Ident. Sistema gestión de riesgos	Muy alta	Alto
Sociocomunitaria	RSA individual	Muy alta	Alto
Institucional	Prevención	Muy alta	Alto
Experiencial	Percep. Del riesgo	Muy alta	Alto
Infraestructura	Servicios básicos	Muy alta	Alto
Institucional	Mitigación de riesgos	Alta	Alto
Sociorregional	Identidad	Muy alta	Alto
Económico-empresarial	Ambiente empresarial	Muy alta	Alto
Sociorregional	Vulnerabilidad social	Alta	Relativamente alto
Experiencial	Percep. Capacitación en desastres	Alta	Relativamente alto
Sociorregional	Educación básica	Muy alta	Relativamente alto
Sociocomunitaria	RSA Cohesión comunitaria	Muy alta	Relativamente alto
Sociocomunitaria	Liderazgo	Alta	Relativamente alto
Sociocomunitaria	RSA Solidaridad	Alta	Relativamente alto
Económico-regional	Empleo	Alta	Relativamente alto
Sociorregional	Discapacidades	Muy alta	Relativamente alto
Institucional	Coordinación institucional	Muy alta	Relativamente alto
Económico-regional	Abastecimiento	Muy alta	Relativamente alto

Tabla 9.14 Continuación

Infraestructura	Monitoreo de desastres	Alta	Relativamente alto
Económico-empresarial	Visión empresarial	Alta	Relativamente alto
Económico-empresarial	Actividad empresarial femenina	Muy alta	Relativamente alto
Sociocomunitaria	RSA Cohesión familiar	Alta	Relativamente alto

### 9.4.3 Acciones de mejora a mediano plazo

Si bien el nivel de impacto en la resiliencia de los criterios expuestos en la Tabla 9.15 es relativamente bajo o bajo, no significa que deban soslayarse, pues son debilidades que si se incrementen a niveles críticos pueden llegar a poner en riesgo la modularidad dimensional y en consecuencia la resiliencia. La gestión adaptativa tiene el reto de diseñar políticas que a mediano plazo fortalezcan estos criterios.

Tabla 9.15 Criterios para acciones a mediano plazo en la gobernanza adaptativa de Baños de Agua Santa

Dimensión	Criterio	Relevancia calificada	Nivel de impacto en la resiliencia
Económico-regional	Propiedad de la vivienda	Baja	Relativamente bajo
Sociocomunitaria	Confianza institucional	Baja	Relativamente bajo
Experiencial	Expectativas económicas	Baja	Relativamente bajo
Económico-regional	Diversidad económica	Muy Baja	Relativamente bajo
Sociocomunitaria	Asociatividad	Baja	Relativamente bajo
Sociorregional	Ocupación	Baja	Relativamente bajo
Institucional	Planes de emergencia institucional	Baja	Relativamente bajo
Económico-regional	Empleo femenino	Muy Baja	Relativamente bajo
Experiencial	Seguridad frente a desastres	Baja	Relativamente bajo
Sociorregional	Identidad empresarial con el territorio	Baja	Bajo
Sociocomunitaria	RSE con el territorio	Baja	Bajo
Experiencial	Afectación a la salud	Muy Baja	Bajo
Sociorregional	Género	Muy Baja	Bajo
Económico-regional	Empleo por sectores	Muy Baja	Bajo
Sociorregional	Influencia religiosa	Muy Baja	Bajo
Económico-regional	Vulnerabilidad económica	Muy Baja	Bajo
Ecológica	Biodiversidad ecológica	Muy Baja	Bajo
Institucional	Conocimiento plan de emerg. (empresas)	Muy Baja	Bajo
Económico-empresarial	Comp. Empresariales frente a desastres	Muy Baja	Bajo

### 9.4.4 Acciones de mejora a largo plazo

Como se puede evidenciar en la Tabla 9.16, existen seis criterios que son fortalezas en la población de Baños y que tienen niveles de impacto bajos para la resiliencia. Esto no significa que deban olvidarse; al contrario, es obligación para la gestión adaptativa establecer los mecanismos para mantenerlos y convertirlos en una característica distintiva de la región. La lectura que se puede dar a estos resultados es que Baños tiene altos niveles de emprendimiento, bajos niveles de pobreza en comparación con el país, una población joven, facilidad de acceso a vivienda y una adecuada cobertura de sistemas de comunicación móviles.

Tabla 9.16 *Criterios para acciones a largo plazo en la gobernanza adaptativa de Baños de Agua Santa*

Dimensión	Criterio	Relevancia calificada	Nivel de impacto en la resiliencia
Económico-empresarial	Emprendimiento	Alta	Relativamente bajo
Económico-regional	Pobreza	Alta	Relativamente bajo
Infraestructura	Cobertura móvil	Alta	Relativamente bajo
Sociorregional	Edad de la población	Alta	Bajo
Económico-regional	Asequibilidad regional	Alta	Bajo
Económico-regional	Dependencia económica	Alta	Bajo

## 9.5 La dimensión económica y la resiliencia de Baños de Agua Santa

La resiliencia ha sido abordada como un atributo de la economía en épocas de crisis, como un elemento clave para la sostenibilidad en la perspectiva de la economía ecológica y una forma de estimar las pérdidas económicas en la gestión de desastres (Rose, 2009). En todo caso, un elemento común en su tratamiento es el carácter darwiniano que se ha ido consolidando a través del tiempo y que permite comprender los ciclos evolutivos de los sistemas económicos. Dentro de este contexto se pueden identificar dos estados, uno estático y otro dinámico (Rose, 2009). La resiliencia estática se relaciona con la capacidad del sistema económico de mantenerse en funcionamiento, mientras que la resiliencia dinámica emerge alrededor del tiempo de recuperación que le tomará al sistema luego de sufrir el impacto de un evento imprevisto (Capítulo II).

Otra consideración importante en la dimensión económica es que la resiliencia nace de la motivación interna de los sistemas socioeconómicos y del estímulo de la política pública y privada (Mileti, 1999); es una conducta de afrontamiento y respuesta de la comunidad al impacto de un desastre (Tierney, 1997). Esta conducta puede ser inherente o adaptativa (Rose y Krausmann, 2013). Ampliando lo expuesto en el Capítulo II, es inherente cuando se considera la capacidad ordinaria que tiene el sistema económico para generar redundancia en diferentes subsistemas. Así, por ejemplo, la capacidad para la sustitución de materias primas, reasignación de recursos, incremento de la capacidad de producción, entre otras. Es adaptativa cuando a través de la innovación se mantiene la funcionalidad del sistema; por ejemplo, cuando el sistema empresarial es capaz de identificar y materializar, a través de la oferta de productos y servicios, el cambio de comportamiento de su demanda. Las empresas innovadoras están transformando continuamente sus sistemas de producción, su organización interna y su relación con las demás empresas (Becattini et al., 2002).

Sobre la base de los niveles de operación de la economía (micro y macro), se desarrollan las estrategias que promoverán la resiliencia inherente y adaptativa (Rose y Liao, 2005). Así, se pueden presentar, entre otras, las siguientes:

### *A nivel micro:*

- Substitución de materias primas
- Substitución de importaciones
- Niveles de inventario de emergencia
- Ampliación de capacidad de producción



- Substitución de exportaciones
- Integración vertical
- Relocalización

*A nivel macro:*

- Impulso para la diversificación económica
- Políticas de fijación de precios
- Compensaciones tributarias
- Sistemas de crédito preferenciales en caso de emergencias
- Estrategias de promoción del emprendimiento
- Estrategias de redistribución del ingreso

La promoción de la resiliencia en los sistemas económicos es una responsabilidad compartida entre el empresario, la comunidad y el Estado. El papel del empresario es fundamental en la resiliencia del sistema económico. Ayala y Manzano (2014) encontraron una relación positiva entre la resiliencia del empresario y el crecimiento de los negocios. Por otra parte, Schneider (2007) encontró que los empresarios latinoamericanos, al haber sido formados en un ambiente de inestabilidad permanente, poseen una mayor adaptabilidad a entornos cambiantes que los empresarios formados en países donde la estabilidad es el estado más frecuente.

La comunidad juega un papel preponderante en la resiliencia del sistema económico. En esta investigación, el modelo de análisis multidimensional considera el criterio “ambiente empresarial”, relacionado con la aceptación de la comunidad hacia el emprendedor, como el factor más relevante dentro de los dieciséis criterios relacionando con este tema. Es decir, es un factor de alto impacto que, al promoverse, incrementa considerablemente la capacidad de adaptación de los sistemas socioecológicos a las nuevas condiciones posteriores al impacto de un desastre.

Por otro lado, el Estado, como responsable de la política pública, establece las directrices que permiten a la comunidad y los empresarios mantener las relaciones económicas en entornos estables. Sin embargo, la responsabilidad estatal también se extiende a la dotación de los servicios básicos que permiten que los sistemas productivos operen a pesar de haber sido afectados por el impacto de un desastre, es decir, cuando el sistema se vuelve inestable. La responsabilidad del gobierno local y nacional está en dotar de infraestructura redundante que actúe de manera inmediata en la eventualidad de que los servicios básicos se suspendan a efectos del desastre.

Considerando lo expuesto, cabe la pregunta sobre cómo la dimensión económica incidió en la resiliencia del cantón Baños de Agua Santa en Ecuador. La respuesta se contruye sobre la base de los resultados del modelo de análisis multidimensional y los resultados de los criterios obtenidos del análisis de esta población. En el modelo se consideran 56 criterios relacionados con ocho dimensiones. Los criterios relacionados con la dimensión económica se clasifican jerárquicamente en cuatro niveles de impacto, así:

- Alto impacto: Ambiente empresarial
- Relativamente alto impacto: Empleo, abastecimiento, visión empresarial, actividad empresarial femenina y equidad de ingreso.



- Relativamente bajo impacto: Emprendimiento, propiedad de la vivienda, pobreza, diversidad económica y empleo femenino.
- Bajo impacto: Asequibilidad, dependencia económica, empleo por sectores, vulnerabilidad económica y comportamiento empresarial frente al desastre.

En el caso de Baños, luego de la aplicación del modelo y obtención de resultados, se logra establecer ciertas concordancias cualitativas de los criterios analizados con los del modelo base. Por ejemplo, el ambiente empresarial tiene una alta relevancia en la resiliencia de Baños y coincide con la calificación de alto impacto de este criterio en el modelo base. Se puede identificar que de los seis criterios clasificados dentro de alto y relativamente alto impacto en la resiliencia (modelo), cinco se evidencian con calificaciones de muy alta y alta relevancia en Baños.

Cuadro 9.1 *Relación de criterios impacto vs relevancia en el cantón Baños*

Impacto de acuerdo al modelo multidimensional	Criterio	Relevancia para el caso de estudio
ALTO	1. Ambiente empresarial	Muy alta
RELATIVAMENTE ALTO	2. Empleo	Alta
	3. Abastecimiento	Muy alta
	4. Visión empresarial	Alta
	5. Actividad empresarial femenina	Muy alta
	6. Equidad de ingreso	Baja

Nota: El criterio equidad de ingreso tiene una relevancia baja en el caso de estudio.

A pesar de que los resultados reflejan una relación coherente entre niveles de impacto del modelo y relevancia de los criterios del caso de estudio, no se podría concluir que la dimensión económica (regional y empresarial) es determinante por sí sola en la resiliencia de Baños. Su incidencia está sujeta al conjunto de relaciones que esta mantiene con las demás dimensiones y sus criterios. De ahí que una enfoque integrador de la resiliencia debe superar a las intenciones académicas de dividirla para interpretarla de forma aislada; querer comprender la resiliencia económica, social, ecológica, de infraestructuras, etc., de forma aislada es como pretender conocer el funcionamiento del organismo humano a partir de uno solo de sus sistemas funcionales.

La resiliencia no está determinada por un criterio o una dimensión, sino que es el resultado de la combinación de dimensiones y criterios que establecen estructuras modulares que permiten a los sistemas socioecológicos generar redundancia, diversidad y apertura para fortalecer su capacidad de aprendizaje, autoorganización, adaptabilidad y transformalidad. El concepto de panarquía utilizado en esta investigación establece que la resiliencia debe ser abordada con un enfoque inter- y transdisciplinario (Berkes y Ross, 2016), tomando en consideración las relaciones interescales (entre dimensiones) que construyen la resiliencia desde los individuos hacia la comunidad y desde el Estado y la política pública hacia los individuos.

### 9.5.1 El sistema empresarial de Baños de Agua Santa

El sistema empresarial de Baños de Agua Santa, posteriormente al impacto de la erupción del volcán Tungurahua, orientó los recursos existentes, tanto tangibles como intangibles, hacia un nuevo mercado, para el que fue necesario modificar la oferta.

Además, desarrolló nuevos recursos para reforzar el nuevo sistema y sus redes internas y externas. Es decir, evidenció un proceso de especialización inteligente (Piirainen et al., 2016) que determinó un nuevo ciclo de desarrollo para la región. Se podría concluir, de acuerdo a Boschma y Gianelle (2014), que Baños ha encontrado un nuevo camino de desarrollo en la diferenciación de la habilidad existente (turismo) lograda a través de la construcción de nueva infraestructura, creación de eventos atractivos y una marca ciudad.

Dentro de este contexto, Martin y Sunley (2013) explican que las crisis económicas, cualquiera que sea su origen, se caracterizan por la liberación de recursos, por lo que las regiones/territorios con culturas empresariales más fuertes tienen mayores probabilidades de identificar oportunidades en las crisis y traducirlas en nuevas empresas. Agregan además que el papel que juegan las expectativas y el nivel de confianza de los empresarios, elementos de orden psicológico, podrían ser un factor explicativo de la resiliencia. En el caso de Baños de Agua Santa, una población históricamente vinculada al comercio y al turismo, el 91.1% de los propietarios de empresas está de acuerdo en que la catástrofe trajo nuevas oportunidades; además, al evaluar sus expectativas económicas respecto a la erupción del volcán Tungurahua, el 79.1% considera que estas han mejorado; es decir, la cultura empresarial y el comportamiento de sus empresarios han incidido en la resiliencia de su territorio.

Por otra parte, el sistema empresarial de Baños está concentrado en pymes que desarrollan en su mayoría actividades de comercio, alojamiento y servicio de comidas (67.11%). Si bien este tipo de organización es altamente vulnerable (Chatterjee et al., 2016), es más flexible y puede adaptarse con mayor facilidad a cambios que se puedan generar en su entorno (Lin y Lin, 2016). Las pymes son consideradas de importancia estratégica en la recuperación económica, ya que dinamizan el territorio, contribuyendo a la creación de empleo y al desarrollo social (Bourletidis y Triantafyllopoulos, 2014; Harvie y Lee, 2002). El comportamiento del propietario de la pyme usualmente demuestra una predisposición a luchar y superar las barreras (Bourletidis y Triantafyllopoulos, 2014). Este comportamiento aún es más evidente en pymes de países en vías de desarrollo, en los que los empresarios no han tenido un ambiente favorable para sus actividades y se han visto obligados a convivir con la incertidumbre y la inestabilidad, y, consecuentemente, han desarrollado su resiliencia (Schneider, 2007).

Otro aspecto relevante identificado en este estudio es que, para Baños de Agua Santa, los altos niveles de identidad de los empresarios, la capacidad de cohesión comunitaria y la solidaridad promovieron procesos colaborativos en las pymes, mejorando su acceso a la información y al establecimiento de estrategias para conseguir financiamiento, recursos técnicos y promoción, incrementando así sus habilidades y conocimientos, lo cual dio como resultado la reducción de costos y el desarrollo de ventajas competitivas (López-Torres et al., 2016). Esto se traduciría en un proceso de innovación, que dio paso al turismo de aventura y al ecoturismo, cumpliéndose lo expuesto por López-Torres et al. (2016) y Powell et al. (1996) cuando afirman que a mayor nivel de colaboración, mayor será el nivel de innovación en las pymes.

En conclusión, el tipo de turismo que actualmente caracteriza a Baños fue el resultado de una diversificación especializada que aprovechó las características del territorio, las capacidades de la población, los recursos locales y la capacidad de las pymes para trabajar en red, promoviendo un sistema empresarial redundante, lo que fortaleció la resiliencia del sistema socioeconómico.

## **PARTE IV. CONCLUSIONES**



## CAPÍTULO X. CONCLUSIONES

Este trabajo centra su objetivo en realizar un análisis multidimensional de la resiliencia en zonas afectadas por desastres de origen natural y se apoya en un estudio empírico en una región localizada en una zona de alta exposición a fenómenos naturales en el Ecuador. La población de Baños de Agua Santa, reconocida como “Ciudad Resiliente” en 2014 por la ONU, habilita el planteamiento de los objetivos específicos e hipótesis que serán descritos y contrastados desde el enfoque teórico, metodológico y empírico.

### 10.1 CONCLUSIONES DE LA PRIMERA PARTE

Los aportes teóricos de la resiliencia evidencian que es un concepto aún en construcción. Los enfoques que pueden abordarla son diversos y dependerán de si el objetivo es explicarla o comprenderla. Este trabajo busca lo segundo, comprender *cómo*, desde la perspectiva sistémica, los elementos que la determinan se definen e interrelacionan. Para ello, se escogió como paradigma científico la complejidad, entendida como ciencia y como método. Como ciencia, porque identifica las técnicas para tratar los fenómenos de estudio, y como método, porque establece la forma y los procedimientos que apoyan la comprensión de las múltiples interacciones, incertidumbres y fenómenos aleatorios que se dan en la naturaleza.

Dentro de este contexto, la dinámica de organización, desorden y orden (Morín, 1981) explica los procesos evolutivos en los sistemas complejos como son los socioecológicos. La resiliencia tiene su espacio en esta dinámica, como un proceso de cambio y evolución (Folke, 2006), en la adaptabilidad de los elementos que conforman los sistemas, en la capacidad de estos para autoorganizarse y mantener su funcionalidad (Walker et al., 2004). La determinación de los sistemas como adaptativos y complejos da paso para que el modelo heurístico de panarquía sirva como base en la definición de la resiliencia (Gunderson y Holling, 2004). Así se ha definido en este trabajo, como *la capacidad dinámica de aprendizaje y adaptabilidad de un sistema que se autoorganiza sin cambiar sus funciones esenciales en respuesta al impacto de perturbaciones internas y externas, permitiendo el desarrollo, la innovación y la evolución.*

La definición propuesta se sustenta en el paradigma de los sistemas adaptativos complejos y su dinámica es comprendida desde las fases del modelo heurístico de la panarquía. De manera más específica para este estudio, los eventos perturbadores que desatan la destrucción creativa en los sistemas y su posterior reorganización son los fenómenos naturales que afectan de manera directa a los sistemas regionales. Se cumple así con el primer objetivo de esta investigación.

Además, se puede concluir que el modelo heurístico de panarquía permite identificar umbrales de oportunidades y transformaciones (Evans, 2008; Van Apeldoorn et al., 2011) en el límite de la resiliencia. En este se identifica que la acumulación de capital (social, económico, ecológico, etc.) está asociada con un estado de conservación donde la resiliencia disminuye (Gunderson y Holling, 2004) y donde el riesgo de un desastre, debido al impacto de un fenómeno natural imprevisto, se incrementa. La novedad, como parte de un proceso de identificación de oportunidades para el desarrollo, es el resultado de un manejo adecuado de la resiliencia que actúa como proceso modular evitando el colapso del sistema socioecológico.

Por otro lado, y desde la perspectiva teórica, se ha evidenciado que la resiliencia tiene un carácter multidimensional; es decir, al ser parte de un sistema adaptativo complejo, los efectos de una perturbación generan impactos en diferentes subsistemas y se generan reacciones en cadena que dan como resultados cambios evolutivos, homeostasis o cambios disfuncionales (Constantino y Dávila, 2011). Los subsistemas de la resiliencia en esta investigación están clasificados en ocho dimensiones, así: económico-regional, económico-empresarial, sociorregional, sociocomunitaria, experiencial, institucional y de infraestructura, presentando cada una un grupo de criterios que las definen y caracterizan. En conclusión, *el comportamiento de la resiliencia es multidimensional y obedece a una dinámica de cambio, donde la región o el territorio puede presentar cambios evolutivos, homeostasis o cambios disfuncionales.*

En base a la teoría de los sistemas complejos, se concluye que el análisis multidimensional de la resiliencia tiene un efecto en tres niveles de procesos (García, 2006). En el primer nivel, permite un diagnóstico situacional de la región afectada por el desastre de origen natural y se identifican los efectos específicos de su impacto. En el segundo nivel, ayuda a determinar, con una visión dimensional, las modificaciones que el desastre generó en los subsistemas regionales con el fin de establecer lineamientos de política pública que fortalezcan la resiliencia en las poblaciones afectadas por el desastre. Para el tercer nivel, las diversas respuestas dadas por las regiones afectadas por desastres de origen natural permiten, a través de un análisis comparativo, definir políticas de carácter nacional que fortalezcan la gestión adaptativa del riesgo.

Finalmente, otra conclusión relevante se puede obtener de la forma en *cómo* se quiere medir la resiliencia, pues su carácter multidimensional y su compleja estructura presentan importantes retos para todo proceso que busque cuantificarla. Las variables inherentes a la resiliencia son de formato cuantitativo y cualitativo, por lo que un enfoque mixto que sea coherente con la complejidad se considera la opción más adecuada. En consecuencia, se concluye que el análisis jerárquico multicriterio basado en lógica difusa, herramienta metodológica de carácter mixto que se enfoca en problemas de naturaleza compleja, es una elección pertinente y consecuente para los objetivos de esta investigación.

## 10.2 CONCLUSIONES DE LA SEGUNDA PARTE

Luego de haber definido la resiliencia e identificado los diferentes criterios que en ocho dimensiones la caracterizan, fue necesario establecer el cómo tratarla para obtener información que permita la gestión adaptativa. En consecuencia, la metodología propuesta para el análisis de la resiliencia en zonas afectadas por desastres de origen natural se define en tres etapas: la primera, orientada al análisis teórico e investigación exploratoria de campo, que ha dado como resultado 103 criterios de análisis; la segunda, que sistematiza los criterios sobre la base de su utilidad, pertinencia, funcionalidad, disponibilidad y confiabilidad y que estructura un modelo de análisis con 56 criterios; y la tercera, en la que se aplica el modelo a un estudio empírico del cual se obtienen resultados ponderados para el diagnóstico y la toma de decisiones.

El diseño del modelo para el análisis multidimensional de la resiliencia considera como herramienta metodológica al análisis jerárquico multicriterio (AHP). Esta



herramienta presenta altos niveles de subjetividad, debido a que se estructura en base a los juicios de decisores o expertos, que son determinantes en la robustez y confiabilidad del modelo. A pesar de que la selección de los decisores cumpla con el requerimiento de ser expertos en los criterios valorados, el análisis comparativo que se lleva a cabo mantendrá ciertos niveles de incertidumbre, por lo que, para controlarla, la lógica difusa ofrece un procedimiento que transforma AHP en *Fuzzy AHP*, donde la imprecisión y subjetividad del juicio humano es considerada. En conclusión, FAHP es una herramienta metodológica cuyas características fortalecen y dotan de fiabilidad al modelo propuesto en esta investigación.

En este trabajo se han identificado 56 criterios clasificados por dimensiones en grupos no mayores a 12 en cada dimensión. La estructura base que la soporta (ocho dimensiones) cumple con los postulados de Saaty (1980) para ser considerada como un proceso de decisión multicriterio discreto, bajo la perspectiva de lógica difusa (FAHP), donde el objetivo de análisis es la resiliencia. En conclusión, esta herramienta metodológica considera una estructura jerárquica que formaliza una aproximación a la comprensión intuitiva de la capacidad dinámica de aprendizaje y adaptabilidad que tiene un sistema socioecológico, que se autoorganiza sin cambiar sus funciones esenciales en respuesta al impacto de un desastre de origen natural.

Dentro de los 56 criterios seleccionados, la mayor parte provienen de la literatura científica. Sin embargo, a través del proceso de investigación exploratoria de campo en la población de Baños de Agua Santa (Ecuador), se identificaron seis criterios que no constaban en las propuestas de las investigaciones previas, por lo que fueron considerados y agregados al modelo de análisis multidimensional. Así, la confianza institucional, el comportamiento del sistema empresarial frente a situaciones de desastre, la percepción de la seguridad, el nivel de experiencia de la población frente a desastres de origen natural, la existencia de planes de emergencia institucionales y el nivel de conocimiento que tienen las empresas sobre los planes de emergencia de la comunidad fueron criterios que técnicos, líderes comunitarios, empresarios y científicos establecieron como importantes para la resiliencia en Baños.

Las ocho dimensiones modulares que determinan la resiliencia en zonas afectadas por desastres de origen natural agrupan entre cinco y doce criterios, con excepción de la dimensión ecológica, que ha sido definida y caracterizada por dos criterios: el primero se relaciona con el riesgo de amenaza natural sobre el cual la acción del hombre no tienen incidencia y que está determinada por las características geomorfológicas de los territorios, y el segundo con la biodiversidad ecológica, entendida desde un enfoque de gestión ambiental, donde la influencia del hombre posibilita la gestión adaptativa de la región, de modo que se cuantifica el porcentaje de territorio continental bajo conservación y manejo *versus* la totalidad del territorio. Dentro de este contexto, se concluye que en esta dimensión, donde las capacidades humanas se ven limitadas, el uso de estos dos criterios sintetiza su efecto sobre la resiliencia.

Las razones de consistencia en las matrices de *Fuzzy AHP* del modelo de análisis multidimensional para la resiliencia a nivel de estructuras dimensionales y estructura integrada le otorgan confiabilidad para la toma de decisiones. El resumen de este análisis se presenta a continuación:

Dimensión	Número de criterios	Índice de consistencia (IC)	Relación de consistencia (RC)	Observación
<b>Económico-regional</b>	11	0.062	0.042	Matriz consistente
<b>Económico-empresarial</b>	5	0.039	0.036	Matriz consistente
<b>Sociorregional</b>	12	0.098	0.067	Matriz consistente
<b>Sociocomunitaria</b>	8	0.072	0.051	Matriz consistente
<b>Experiencial</b>	7	0.041	0.032	Matriz consistente
<b>Ecológica</b>	2	-	-	Análisis no aplicable
<b>Institucional</b>	5	0.054	0.048	Matriz consistente
<b>Infraestructura</b>	6	0.044	0.032	Matriz consistente
<b>Modelo integrado</b>	8*	0.025	0.018	Matriz consistente

\* El valor corresponde a número de dimensiones

### 10.3 CONCLUSIONES DE LA TERCERA PARTE

La ubicación de la República del Ecuador en la zona de subducción de la placa de Nazca y continental Sudamericana, así como el ser parte del denominado “Cinturón de Fuego del Pacífico”, lo definen como un país con altos niveles de vulnerabilidad sísmica y volcánica. De acuerdo al análisis del *Word Risk Index* (2015), este no cuenta con capacidad de respuesta a eventos catastróficos de origen natural. Al considerar 36 países de América, Ecuador se ubica en el puesto 11 en la clasificación de aquellos que tienen el mayor riesgo frente a catástrofes. A pesar de las circunstancias adversas frente a este tipo de fenómenos, existen casos de éxito en los que un comportamiento resiliente de la población logra altos niveles de adaptabilidad. Uno de estos es Baños de Agua Santa, población ubicada en el centro del Ecuador, en las faldas del volcán Tungurahua y que fue designada en 2014 por la ONU como “Ciudad Resiliente”, debido a sus evidentes capacidades de autoorganización para enfrentar las consecuencias de una erupción volcánica que durante dieciséis años ha afectado a la región.

Las actividades económicas en la población de Baños se encuentran relacionadas con el turismo. Un cambio importante que se evidencia, de acuerdo a sus habitantes, es que antes de la primera erupción del volcán Tungurahua (1999) el turismo era de tipo religioso y termal; sin embargo, en la actualidad se destacan las actividades de ocio relacionadas con el riesgo, la aventura y la naturaleza. A nivel descriptivo existe un equilibrio entre turismo receptivo nacional (55.91%) e internacional (44.09%). Mientras que el turista nacional acostumbra a viajar mayoritariamente con su familia, el internacional acostumbra a viajar en pareja o grupo de amigos. La edad promedio de los turistas en su mayoría está entre los 18 y 29 años (64.25%) y tienen un nivel alto de interés (97.3%) respecto a su intención de repetir la visita a Baños.

El modelo heurístico de panarquía ofrece, desde una perspectiva teórica, la capacidad de analizar la dinámica de desarrollo de la población de Baños de Agua Santa. A partir de un largo periodo de acumulación de capital (social, económico, ecológico, etc.), representado por la fase *r a K*, la región sufre un inesperado impacto de orden natural. A finales de 1999, el volcán Tungurahua se reactiva y obliga a una evacuación forzosa de la



población, desencadenando una perturbación que generaría un proceso de destrucción creativa (fase  $K a \Omega$ ) en los subsistemas de la región que, a través de la modularidad existente en ellos, pudieron mantenerse para iniciar un proceso de reorganización (fase  $\Omega a \alpha$ ) que permitió que Baños mantuviera su funcionalidad y se incorporara a un nuevo ciclo de desarrollo. La estructura modular dada por la resiliencia fue suficiente para que el ciclo panárquico se cumpliera, a pesar de que en el estado de conservación (del ciclo panárquico) los niveles de resiliencia habían disminuido considerablemente, debido a la estabilidad que los sistemas habían experimentado por un largo periodo de tiempo.

Considerando los resultados ponderados del modelo de análisis multidimensional para la resiliencia, se puede concluir que la dimensión infraestructura y experiencial representan el valor de la media (0.022 para las dos) más alta de los valores normalizados respecto de las demás dimensiones. La ponderación de los criterios de estas dimensiones representa a los factores con mayor incidencia en la resiliencia en regiones/territorios afectados por desastres de origen natural. Continuando con las conclusiones relevantes sobre los valores extremos en el modelo, se evidencia que la dimensión ecológica y económico-regional presentan las medias más bajas en dicho modelo.

Sobre la base del análisis multidimensional de criterios ponderados ajustados relacionados con la resiliencia, aquellos que de acuerdo al modelo presentan el mayor impacto son doce, siendo los cuatro principales la cobertura médica, la percepción de la población respecto a su experiencia en desastres, el nivel de identidad con el sistema de gestión de riesgos y las capacidades individuales para la resiliencia. Este grupo de criterios que provienen de diversas dimensiones son críticos para el desarrollo de la resiliencia y son prioridad en el desarrollo de la gestión adaptativa de poblaciones con alto riesgo de sufrir eventos catastróficos de origen natural.

El modelo de análisis multidimensional considera diecinueve criterios de impacto relativamente alto sobre la resiliencia, siendo los cuatro principales la cobertura de seguro de salud, el riesgo de amenaza natural, la vulnerabilidad social y la percepción de la población sobre su nivel de capacitación para afrontar desastres de origen natural. De igual forma al caso anterior, son factores que provienen de diversas dimensiones y cuya relevancia debe ser considerada en la gestión adaptativa.

Existen dos grupos de criterios que, de acuerdo al modelo de análisis multidimensional de la resiliencia, tienen un nivel de impacto relativamente bajo o bajo, sin que esto signifique que carecen de importancia para procesos de gestión adaptativa, ya que los sistemas socioecológicos tienen una estructura compleja en la que un pequeño desajuste en uno de sus elementos puede generar un efecto disipador a gran escala (efecto mariposa). Entre los criterios más relevantes de este grupo se encuentran el emprendimiento, los niveles de propiedad de la vivienda, la pobreza y los niveles de confianza institucional.

El análisis unidimensional en la población de Baños de Agua Santa permite concluir que la dimensión con la media más baja es la que corresponde a infraestructura (0.516), seguida de la económico-regional (0.622). Si bien al realizar un análisis unidimensional se puede evidenciar que esta población registra los valores más bajos en las dimensiones que de acuerdo al modelo son las más relevantes para la resiliencia, se debe tomar en cuenta que los criterios tienen una estructura jerárquica combinada, por lo que se recomienda realizar un

análisis integrado a nivel de criterios entre el modelo base y los resultados obtenidos en la población evaluada.

Del análisis unidimensional económico-regional de la población de Baños de Agua Santa, se puede concluir que los criterios que fortalecen la modularidad para la adaptabilidad son los bajos niveles de dependencia económica (1.00), la asequibilidad regional (1.00) y la incidencia gravitatoria comercial (1.00). Valores relevantes se presentan en los bajos niveles de pobreza (0.86), bajos niveles de empleo en sectores primarios (0.77) y niveles de propiedad de la vivienda (0.65). Los criterios que menoscaban la adaptabilidad de la población están dados por la alta vulnerabilidad económica que presenta el país (0), los bajos niveles de diversidad económica de la región (0) y los bajos niveles de empleo femenino remunerado (0.40). Existen criterios que mantienen calificaciones intermedias y que requieren atención para mejorar sus valoraciones; tal es el caso de los niveles de empleo (0.58) y la equidad de ingreso (0.59).

Del análisis unidimensional económico-empresarial de la población de Baños de Agua Santa, se puede concluir que los criterios que fortalecen la modularidad para la adaptabilidad son la actividad empresarial femenina (1.00) y los niveles de emprendimiento (0.83). Valores relevantes se presentan en los criterios relacionados con el ambiente empresarial (0.78) y la visión empresarial (0.78). Las competencias de los empresarios frente a los desastres (0.54), a pesar de tener la valoración más baja, supera el valor de 0.5. Esta dimensión es la que presenta la media más alta en comparación con las demás. En base a los resultados planteados, se puede decir que el sistema empresarial en esta región tiene una influencia relevante en la adaptabilidad de la población frente al impacto de la erupción del volcán Tungurahua.

Del análisis unidimensional sociorregional de la población de Baños de Agua Santa, se puede concluir que los criterios que fortalecen la modularidad para la adaptabilidad son la edad de la población (1.00), los bajos niveles de discapacidad (1.00) y bajos niveles de analfabetismo (1.00). Valores relevantes se presentan en la identidad del empresario con el territorio (0.89), la identidad de la población con el territorio (0.72) y el nivel de preparación de las familias con jefatura de hogar femenina (0.66). Los criterios que disminuyen la adaptabilidad son los bajos niveles de cobertura médica (0) y los bajos niveles de cobertura de seguro de salud (0.23). Existen criterios que mantienen calificaciones intermedias y que requieren ser atendidos para mejorar sus valoraciones; así se encuentran los años de escolaridad (0.50), los niveles de ocupación técnica y profesional (0.50) y los niveles de vulnerabilidad social (0.55).

Del análisis unidimensional sociocomunitario en la población de Baños de Agua Santa, se puede concluir que no existen criterios con calificaciones positivas ideales. Sin embargo, se pueden destacar algunos valores relevantes, como los niveles de cohesión comunitaria (0.85), los niveles de responsabilidad social empresarial (0.84), las competencias personales para la resiliencia (0.80), el apoyo social orientado a la solidaridad (0.72), la percepción del liderazgo comunitario (0.71) y la cohesión familiar (0.69). Existen criterios que mantienen calificaciones intermedias y deben ser tratados para mejorar sus valoraciones; así, se tienen los niveles de confianza institucional (0.58) y los niveles de asociatividad de la población (0.55).

Del análisis unidimensional institucional en la población de Baños de Agua Santa, se puede concluir que el criterio que fortalece la modularidad para la adaptabilidad es el nivel de coordinación institucional. Valores relevantes se presentan en los niveles de prevención (0.75), los planes de emergencia institucional (0.69) y los niveles de conocimiento de los planes de emergencia por parte de las empresas (0.64). El criterio que disminuye la adaptabilidad es el nivel de conocimiento que tienen los jefes de familia sobre el plan de mitigación de riesgos (0.48).

Del análisis unidimensional de infraestructura en la población de Baños de Agua Santa, se puede concluir que el sistema de monitoreo de desastres (1.00) es la mayor fortaleza en esta dimensión, sin dejar de lado otros criterios relevantes para la adaptabilidad de la región, como la cobertura de servicio telefónico móvil (0.78) y la cobertura de servicios básicos (0.77). Los criterios que disminuyen la adaptabilidad son la limitada infraestructura del sistema de salud (0.00), la situación de las “líneas de vida” para evacuación y abastecimiento (0.25) y las políticas de planificación urbana (0.30).

Al analizar la dimensión ecológica, se puede evidenciar que el criterio relacionado con el riesgo de amenaza natural (0.43) es determinante en la disminución de la adaptabilidad de los pobladores de la región. Este riesgo de amenaza no es susceptible de control humano; sin embargo, su mitigación es posible a través de acciones orientadas a la gobernanza adaptativa.

Del análisis unidimensional experiencial en la población de Baños de Agua Santa, se puede concluir que el criterio que fortalece la modularidad para la adaptabilidad es la relación de la percepción del riesgo de la población frente al riesgo real (1.00). Valores relevantes se presentan en la percepción de la población sobre su nivel de experiencia en desastres (0.70), las expectativas económicas (0.68), la percepción en la capacitación en desastres (0.65) y el nivel de percepción de seguridad que tiene la población frente a desastres (0.62). Un factor que disminuye la adaptabilidad de la población es la percepción sobre afectaciones a la salud (0.13).

Sobre la base del modelo de análisis multidimensional de la resiliencia, se puede concluir que los factores críticos de adaptabilidad en Baños de Agua Santa son aquellos identificados en el rango de relevancia muy alta y alta. Se destacan la percepción real del riesgo, la educación básica (bajos niveles de analfabetismo), las capacidades de resiliencia individual en los jefes de hogar (RSA), la percepción de experiencia de la población sobre desastres de origen natural, la adecuada coordinación institucional<sup>71</sup>, la cobertura de servicios básicos, la prevención, el ambiente empresarial, los bajos niveles de discapacidades en la población, una alta incidencia gravitatoria comercial (cercanía a centros de abastecimiento), el sistema de monitoreo de desastres, los niveles de identidad territorial, la identidad con el sistema de gestión de riesgos y la actividad empresarial femenina. Si bien no son los únicos factores que inciden en la resiliencia de Baños de Agua Santa, se pueden considerar como los factores críticos que este caso de estudio presenta.

---

<sup>71</sup> Resultado de un proceso colectivo de construcción generado a partir de la primera erupción del volcán Tungurahua en 1999. Una coordinación institucional deficiente caracterizó a Baños de Agua Santa durante los primeros dos años luego de iniciado el proceso eruptivo; a partir de ahí, la comunidad, el gobierno local y las instituciones públicas responsables de los procesos de atención a emergencias fortalecerían sus niveles de coordinación, convirtiéndolas en un referente a nivel país.

Así como el modelo de análisis multidimensional permite identificar los factores críticos más representativos para la resiliencia en Baños de Agua Santa, también identifica aquellos que presentan una relevancia baja, lo que permite concluir que los factores que dificultan la adaptabilidad son la vulnerabilidad económica que presenta el país, la baja diversidad económica, la insuficiente infraestructura del sistema de salud y la limitada cobertura médica. Para el caso de estudio, estos factores no inciden en la resiliencia de la población, por lo que deben ser tratados con el fin de mejorar sus resultados.

Un resultado relevante del estudio en la ciudad de Baños de Agua Santa, está en la calificación que obtienen tres dimensiones: experiencial, sociocomunitaria y económico-empresarial. La experiencia de los pobladores para afrontar los efectos de un desastre natural, sumando a la acción comunitaria y un tejido empresarial fuerte, fueron determinantes en la resiliencia de este territorio. El sistema empresarial compuesto fundamentalmente por pymes se comportó de manera flexible e innovadora (rediseña el concepto de turismo religioso termal hacia el turismo de aventura, riesgo y naturaleza) frente a los cambios de comportamiento de la demanda a efecto de la erupción del volcán Tungurahua e inclusive actuó como estructura organizacional de la población para afrontar la pérdida de ingresos, la escasez de alimentos, la seguridad ciudadana y la pérdida de servicios estatales (médicos y maestros). Este comportamiento permite establecer un amplio campo de investigación que indague sobre las características particulares del sistema empresarial como promotor de la autoorganización, la adaptabilidad y el autoaprendizaje.

La relevancia del estudio de la resiliencia en zonas afectadas por desastres naturales está más allá de la identificación de los factores o criterios más relevantes, ya que, bajo el concepto de sistemas complejos, cualquier factor tiene la posibilidad de generar cambios importantes en la dinámica del sistema debido al efecto disipador que presentan sus componentes. Lo importante es establecer estrategias y acciones que eviten que el sistema derive hacia un estado no deseado. La gobernanza adaptativa en la gestión de la resiliencia actúa como sistema de control alineando las acciones de sus diferentes dimensiones hacia un objetivo común, la innovación y el desarrollo.

El modelo de análisis multidimensional de la resiliencia presenta una aplicación práctica para la gobernanza adaptativa. La posibilidad de establecer comparaciones entre su estructura ponderada y la obtenida de la aplicación de este modelo en los diferentes casos de estudio, da como resultado una matriz para el diseño y priorización de acciones tendientes a fortalecer la resiliencia y la sostenibilidad en los territorios estudiados. La matriz de acción para el desarrollo de la resiliencia permite establecer programas y proyectos en una línea de tiempo bajo el concepto de optimización de recursos en base a prioridades. Las acciones inmediatas considerarán, en orden jerárquico, los factores críticos para la resiliencia que en las zonas de estudio presenta problemas en su desarrollo. El orden de ejecución de las estrategias y acciones para promover la resiliencia estará sujeto al nivel de impacto que tiene cada criterio y a la situación real que presentan estos en el territorio.

## 10.4 LIMITACIONES Y LÍNEAS DE TRABAJO FUTURAS

### 10.4.1 Limitaciones

Las limitaciones a nivel teórico están dadas fundamentalmente en el modelo heurístico de panarquía. Si bien facilita la comprensión de la dinámica de los SAC, aún no se tienen claros los límites de las cuatro fases (conservación, liberación, reorganización y explotación). En la presente investigación, el inicio de la fase de liberación se relacionó con la erupción del volcán Tungurahua y la evacuación forzosa de los habitantes de Baños, y el inicio de la fase de reorganización, a partir del retorno de la población a su ciudad, periodo a partir del cual se evidencia la autoorganización y la adaptabilidad a las nuevas condiciones del sistema socioecológico en el cual habita.

Las limitaciones de la metodología están supeditadas al *FuzzyAHP*, es decir, a la alta dependencia del modelo en las decisiones, los criterios de elección de los decisores y los niveles de incertidumbre en la determinación de los juicios. Lo último es contrarrestado a través del uso de la lógica difusa en la valoración de los juicios.

El número de parámetros en las dimensiones consideradas para el análisis de la resiliencia (56) es aún limitado y podrían incrementarse en función de las experiencias generadas a partir de estudios de caso o análisis empíricos de datos secundarios. La determinación de los criterios en la presente investigación considera la fase postevento; es decir, algunos criterios pueden tener inconvenientes en su medición en zonas que no han sido afectadas por desastres de origen natural.

La erupción del volcán Tungurahua ha sido considerada como un evento disruptivo del sistema socioecológico, por lo que limita el estudio al análisis de la resiliencia en este ámbito; es decir, tiene características específicas relacionadas a este fenómeno y su generalización está limitada a sistemas socioecológicos que sufren el impacto de desastres de origen natural.

### 10.4.2 Líneas de trabajo futuras

Esta investigación abre nuevas líneas de trabajo en torno al uso del modelo heurístico de panarquía en la comprensión de la dinámica de recuperación de zonas afectadas por desastres naturales. Dentro de este contexto, la gobernanza adaptativa tiene una relación directa con la gestión de la resiliencia. Por lo tanto, el diseño de políticas, estrategias y acciones orientadas a fortalecer la capacidad de aprendizaje, autoorganización y adaptabilidad en los sistemas socioecológicos cuando estos han sufrido el impacto de desastres naturales, es un campo transdisciplinar por desarrollar.

La aplicación de modelos de decisión multicriterio discreto en el análisis de la resiliencia es una novedad que invita al desarrollo de nuevas aplicaciones, así como también a realizar aportaciones teórico-metodológicas que incrementen los niveles de robustez y consistencia. Dentro de este contexto, la aplicación de la lógica difusa en AHP aplicado al análisis de la resiliencia abre un espacio para el análisis y la discusión con miras a realizar ajustes al modelo propuesto.

El modelamiento de sistemas socioecológicos es una oportunidad para que, haciendo uso del modelo de análisis planteado, se pueda diseñar un algoritmo computacional que facilite la



simulación, lo que permitiría identificar multiplicidad de escenarios para poblaciones que busquen la gestión adaptativa. Además, se podría realizar un estudio sistemático de alternativas de mejora aplicadas al sistema.

La comprensión de la resiliencia como un proceso que promueve la innovación y el desarrollo en las poblaciones afectadas por diferentes tipos de *shock* es otra vía para plantear estudios de carácter teórico, metodológico y empírico. El modelo heurístico de panarquía establece la línea base para la comprensión del comportamiento de los sistemas socioecológicos. La amplitud de variables que intervienen en la dinámica de estos define posibilidades para realizar investigaciones de corte determinista e indeterminista.

El estudio de la resiliencia en zonas afectadas por desastres naturales es de carácter específico, ya que solo considera este tipo perturbaciones; por lo que la gobernanza adaptativa fundamentada en esta particularidad, fortalecerá al territorio para soportar ciertos tipos de perturbaciones (específicas), por lo que los sistemas regionales (territorios) serán resilientes solo a éstas, si aparecen otras que no fueron contempladas, el riesgo de colapso se incrementa, pues el daño sobre uno de los elementos críticos de cualquier subsistema puede generar un evento *cross scale* que termine provocando cambios irreversibles que lleven al sistema hacia configuraciones no deseadas. Dentro de este contexto, los estudios futuros deben considerar a la resiliencia dentro de un enfoque más general, en esta investigación los criterios evaluados que no tienen una relación directa con la perturbación específica (desastres naturales y de maenra específica erupciones volcánicas) tienen la posibilidad de ser tomados como características generales de los grupos humanos en los que se identifican comportamientos resilientes. Es decir son una base importante en la meta de establecer modelos de análisis más generales.

Uno de los retos más importantes en el análisis de la resiliencia bajo el modelo de panarquía es la determinación de los umbrales (límites) entre las diferentes fases, en esta investigación el punto de partida y evento desencadenante, fue la erupción volcánica que promovió un proceso de destrucción creativa (fase  $K$  a  $\Omega$ ) que fue posible gracias a las características de la población estudiada que se auto organizó y respondió de forma adaptativa a las nuevas condiciones del sistema socio ecológico. Sin embargo, las crisis en los sistemas socio económicos pueden generarse por un proceso de degradación en los diferentes elementos de los subsistemas que los conforman, por lo que las investigaciones futuras tienen un amplio campo para su desarrollo en el diagnóstico del este tipo de comportamientos. Es decir, se plantea la pregunta ¿cuáles son las características de los sistemas socio económicos en las fases de transición del modelo de panarquía?, las respuestas que se puedan obtener permitirán que la gestión adaptativa de manera eficiente, favorezca la innovación, el desarrollo y la evolución de éstos.

Parte del “éxito” en el proceso de recomposición social y económica de Baños de Agua Santa, fue que a pesar de que los niveles de resiliencia habían disminuido como efecto de un largo periodo de estabilidad, fueron suficientes para promover acciones proactivas que evitaron el colapso de la población. Esto evidencia que es necesario que los territorios y las regiones mantengan módulos básicos que doten a sus sistemas de la diversidad, redundancia y apertura suficientes para actuar de forma resiliente, lo que obliga a realizar inversiones en diferentes áreas. La cantidad de recursos que se destine a

este propósito, es un reto para la gobernanza y gestión adaptativa; que no solo debe prever eventos imprevistos, si no que también debe hacer uso eficiente de los recursos. La investigación dentro de este campo aún tiene pendiente definir los niveles óptimos que permitan la optimización de recursos, tomando en cuenta la necesidad de construir sistemas socioeconómicos resilientes.





## **BIBLIOGRAFÍA**



## BIBLIOGRAFÍA

- Abel, T. (2008). Tourism Evolution: on the Synergies of Tourism Studies and Evolutionary Economic Geography. *Annals of Tourism Research*, 370-389.
- Adamopoulos, G., & Pappis, C. (1996). A fuzzy-linguistic approach to a multi-criteria sequencing problem. *European Journal of Operational Research*, 628-636.
- Adger, N., Hughes, T., Folke, C., Carpenter, S., & Rockström, J. (2005). Social-ecological resilience to coastal disasters. *Science*, 1036-1039.
- Adger, W. N. (2000). Social and ecological resilience: are they related? *Progress in Human Geography*, 347-364.
- Adger, W. N. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change*, 268-281.
- Adger, W. N., Kelly, P. M., & Locke, C. (2001). Migration , Remittances , Livelihood Trajectories and Social Resilience in Coastal Vietnam. *Journal of the Human Environment*, 374-364.
- Afgan, N. H., Cvetinovi, D. B., & Andre, P. (2011). Sustainable Resilience of Company Management System. *Journal of Knowledge Management, Economics and Information Technology*, 1-17.
- Afgan, N., & Veziroglu, A. (2012). Sustainable resilience of hydrogen energy system. *International Journal of Hydrogen Energy*, 5461-5467.
- Aguiar, F. (2004). Teoría de la decisión e incertidumbre: modelos normativos y descriptivos. *EMPIRIA. Revista de Metodología de Ciencias Sociales*(8), 139-160.
- Aguilera, E., & Dueñas, W. (2007). *Las erupciones explosivas del volcán Tungurahua de julio y agosto de 2006*. Quito: Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación.
- Ahern, N., Kiehl, E., Sole, M., & Jacqueline, B. (2006). A Review of Instruments measuring resilience. *Issues in comprehensive paediatric nursing*, 103-125.
- Aiginger, K. (2009). Strengthening the resilience of an economy. *Intereconomics*, 309.
- Ainuddin, S., & Routray, J. (2012). Community resilience framework for an earthquake prone area in Baluchistan. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 25-36.
- Aleksic, A., Stefanovic, M. S., Arsovski, S., & Tadic, D. (2013). An assessment of organizational resilience potential in SMEs of the process industry, a fuzzy approach. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 1238-1245.
- Allen, C. R., & Holling, C. S. (2008). *Discontinuities in Ecosystems and other Complex Systems*. New York: Columbia University Press.
- Allen, C. R., Angeler, D. G., Garmestani, A. S., Gunderson, L. H., & Holling, C. (2014). Panarchy: Theory and Application. *Ecosystems*, 578-589.
- Allen, C. R., Gunderson, L. H., & Johnson, A. R. (2005). The Use of Discontinuities and Functional Groups to Assess Relative Resilience in Complex Systems. *Ecosystems*, 958-966.
- Allen, T. F., & Starr, T. B. (1982). *Hierarchy: Perspectives for Ecological Complexity*. Chicago: University of Chicago Press.
- Andersen, L., & Cardona, M. (2014). *Construyendo resiliencia ante shocks adversos: Factores y estrategias asociadas a la vulnerabilidad y la resiliencia*. La Paz: Inesad.
- Anderson, P. W. (1972). More is Different. *Science*, 393-396.
- Angeler, D. G., Allen, C. R., & Johnson, R. K. (2012). Insight on Invasions and Resilience Derived from Spatiotemporal Discontinuities of Biomass at Local and Regional Scales. *Ecology and Society*, <http://dx.doi.org/10.5751/ES-04928-170232>.
- Angeler, D. G., Allen, C. R., & Johnson, R. K. (2012). Insight on Invasions and Resilience Derived from Spatiotemporal Discontinuities of Biomass at Local and Regional Scales. *Ecology and Society*, <http://dx.doi.org/10.5751/ES-04928-170232>.
- Angeler, D. G., Allen, C. R., & Johnson, R. K. (2013). Measuring the relative resilience of subarctic lakes to global change: redundancies of functions within and across temporal scales. *Journal of Applied Ecology*, 572-584.
- Angeler, D. G., Drakare, S., & Johnson, R. K. (2011). Revealing the Organization of Complex Adaptive Systems through Multivariate Time Series Modelling. *Ecology and Society*, <http://dx.doi.org/10.5751/ES-04175-160305>.
- Angeler, D. G., Trigel, C., Drakare, S., Johnson, R. K., & Goedkoop, W. (2010). Identifying resilience mechanisms to recurrent ecosystem perturbations. *Oecologia*, 231-241.

- Angeon, V., & Bates, S. (2015). Reviewing Composite Vulnerability and Resilience Indexes: A Sustainable Approach and Application. *World Development*, 140-162.
- Apeldoorn, D. F., Kok, K., & Sonneveld, M. P. (2011). Panarchy Rules : Rethinking Resilience of Agroecosystems , Evidence from Dutch Dairy-Farming. *Ecology and Society*, <http://www.ecologyandsociety.org/vol16/iss1/art39/>.
- Argonne National Laboratory. (2010). *Constructing a resilience index for the enhanced critical infrastructure protection program*. Illinois: U.S Department of Energy.
- Arrow, K., Bolin, B., Costanza, R., Dasgupta, P., Folke, C. H., Jansson, B.-O., . . . Pimentel, D. (1995). Economic Growth, Carrying Capacity, and the Environment. *Science*, 520-521.
- Arthur, B., Durlauf, S., & Lane, D. (1997). *The Economy as an Evolving Complex System II*. Nex Mexico: Santa Fe Institute.
- Ashby, W. R. (1957). *An Introduction to Cybernetics*. London: Chapman & Hall Ltd.
- Ashby, W. R. (1962). Principles of the self-organizing system. En V. Foerster, & J. Zopf, *Principles of Self-Organization: Transactions of the University of Illinois Symposium* (págs. 255-278). London, New York: Pergamon Press.
- Auf der Heide, E., & Scanlo, J. (2007). Health and Medical Preparedness and Response. En W. w, & K. Tierney, *Emergency Management: Principles and Practice for Local Government* (págs. 183-206). Washington, D.C: International City Managers Association.
- Augustine, N., Wolman, H., Wial, H., & McMillen, M. (2013). Regional Economic Capacity, Economic Shocks, and Economic Resilience. *Building Resilient Regions closing symposium at the Urban Institute*, URL: <http://brr.berkeley.edu/wp-content/uploads/2013/05/Augustine-resilience-capacity2.pdf>.
- Axelrod, R. (1997). *The Complexity of Cooperation*. Princeton: Princeton University Press.
- Ayala, J.-C., & Manzano, G. (2014). The resilience of the entrepreneur. Influence on the success of the business. A longitudinal analysis. *Journal of Economic Psychology*, 126-135.
- Azadeh, A., Salehi, V., Arvan, M., & Dolatkhan, M. (2014). Assessment of resilience engineering factors in high-risk environments by fuzzy cognitive maps: A petrochemical plant. *Safety Science*, 99-107.
- Banchini, S., & Martínez, L. (2005). *Resiliencia de los destinos turísticos frente a la velocidad de actuación de las nuevas aerolíneas de bajo coste . Catalunya-Croacia: Dos costas en comparación*. Barcelona: Instituto de Arquitectura Avanzada de Catalunya.
- Banco Mundial. (2015). *Datos Banco Mundial*. Recuperado el 1 de mayo de 2016, de <http://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.PCAP.PP.CD>
- Baruth, K., & Carroll, J. (2002). A formal assessment of resilience: The Baruth Protective Factors Inventory. *The Journal of individual Psychology*, 235-244.
- Bar-Yam, Y. (1997). *Dynamics of Complex Systems Studies in Nonlinearity*. Reading: The Advanced Book Program.
- Basarab, N. (1996). *La Transdisciplinariedad. Manifiesto*. Hermosillo: Multiversidad Mundo Real Edgar Morin, A.C.
- Becattini, G., Costa, M., & Trullén, J. (2002). *Desarrollo local: Teorías y estrategias*. Madrid: Civitas.
- Becken, S., & Hughey, K. (2013). Linking tourism into emergency management structures to enhance disaster risk reduction. *Tourism Management*, 77-85.
- Beier, C. M., Lovecraft, A. L., & Chapin, F. S. (2009). Growth and Collapse of a Resource System : an Adaptive Cycle of Change in Public Lands Governance and Forest Management in Alaska. *Ecology and Society*, <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art5/>.
- Bellman, R., & Zadeh, L. A. (1970). Decision Making in a Fuzzy Environment. *Management Science*, 141-164.
- Bellwood, D., Hughes, T., Folke, C., & Nystro, M. (2004). Confronting the coral reef crisis. *Nature*, 827-833.
- Benson, M., & Garmestani, A. (2011). Embracing panarchy, building resilience and integrating adaptive management through a rebirth of the National Environmental Policy Act. *Journal of Environmental Management*, 1420-1427.
- Berkes, F., & Folke, C. (1998). *Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience*. Cambridge UK: Cambridge University Press.
- Berkes, F., & Ross, H. (2013). Community Resilience: Toward an Integrated Approach. *Society & Natural Resources*, 5-20.
- Berkes, F., & Ross, H. (2016). Panarchy and community resilience: Sustainability science and policy implications. *Environmental Science & Policy*, 185-193.
- Berkes, F., & Seixas, C. (2005). Building Resilience in Lagoon Social–Ecological Systems: A Local-level Perspective. *Ecosystems*, 967-974.
- Berkes, P., & Campanella, T. (2006). Planning for post-disaster resiliency. *Annals of the American academy of Political and Social Science*, 192-207.

- Bertalanffy, L. (1989). *Teoría general de los sistemas*. México : Fondo de Cultura Económica.
- Bertalanffy, L. v. (1968). *General System Theory: Foundations, Development, Applications*. New York: George Braziller.
- Bessey, K. M. (2002). Structure and Dynamic in an Urban Landscape: Toward a Multiscale View. *Ecosystems*, 360-375.
- Biggs, D. (2011). Understanding Resilience in a Vulnerable Industry: the Case of Reef Tourism in Australia . *Ecology and Society*, <http://www.ecologyandsociety.org/vol16/iss1/art30/>.
- Birkmann, J. (2006). *Measuring Vulnerability to Natural Hazards: Towards Disaster Resilient Societies*. Tokyo: United Nations University Press.
- Bohórquez, L. (2013). La organización empresarial como sistema adaptativo complejo. *Estudios Gerenciales*, 258-265.
- Boltzmann, L. (1877). *Über die Beziehung zwischen dem zweiten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie und der Wahrscheinlichkeitsrechnung respektive den Sätzen über das Wärmegleichgewicht*. Viena: Sitzungsber.
- Boschma, R. (2005). Proximity and Innovation: A critical assessment. *Regional Studies*, 61-74.
- Boschma, R. (2014). Towards an evolutionary perspective on regional resilience. *Papers in Evolutionary Economic Geography*. Utrecht, Holland: Utrecht University. Urban & Regional research centre Utrecht.
- Boschma, R., & Gianelle, C. (2014). Regional branching and smart specialisation policy. *S3 Policy Brief Series*, doi:10.2791/65062.
- Bosma, N., Coduras, A., Litovsky, Y., & Seaman, J. (2012). *GEM Manual*. Babson: Global Entrepreneurship Monitor.
- Bouazza Ariño, O. (2006). *Ordenamiento del Territorio y Turismo*. Barcelona: Atelier.
- Boulding, K. E. (1956). General systems theory: The skeleton of science. *Management Science*, 197-208.
- Bourletidis, K., & Triantafyllopoulos, Y. (2014). SMEs Survival in time of Crisis: Strategies, Tactics and Commercial Success Stories. *Procedia - Social and Behavioural Sciences*, 639 - 644.
- Briguglio, L., Cordina, G., Farrugia, N., & Vella, S. (2008). Economic vulnerability and resilience: concepts and measurements. *UNU-WIDER*, [http://www.wider.unu.edu/publications/working-papers/research-papers/2008/en\\_GB/rp2008-55/](http://www.wider.unu.edu/publications/working-papers/research-papers/2008/en_GB/rp2008-55/).
- Briguglio, L., Cordina, G., Farrugia, N., & Vella, S. (2009). Economic Vulnerability and Resilience: Concepts and Measurements. *Oxford development studies*, 229-247.
- Brodu, N. (2009). A Synthesis and a Practical Approach to Complex Systems. *Wiley InterScience*, 36.60.
- Brunckhorst, D. J. (2002). Institutions to sustain ecological and social systems. *Ecological Management & Restoration*, 108-116.
- Bruneau, M., & Reinhorn, A. (2004). Seismic resilience of communities-conceptualization and operationalization. *International Workshop on Performance-based Seismic-Design*. [http://www.csee.buffalo.edu/~bruneau/Bruneau-Reinhorn\\_Bled\\_Final.pdf](http://www.csee.buffalo.edu/~bruneau/Bruneau-Reinhorn_Bled_Final.pdf).
- Bruneau, M., Chang, S. E., Eguchi, R. T., Lee, G. C., O'Rourke, T. D., O'Rourke, T. D., . . . Von Winterfeldt, D. (2003). A Framework to Quantitatively Assess and Enhance the Seismic Resilience of Communities. *Earthquake Spectra*, 733-752.
- Bruyelle, J.-L., O'Neil, C., El-Koursi, E.-M., Hamelin, & Sartori, N. (2014). Improving the resilience of metro vehicle and passengers for an effective emergency response to terrorist attacks. *Safety Science*, 37-45.
- Buckle, P., Mars, G., & Smale, S. (2000). New approaches to assessing vulnerability and resilience. *Australian Journal of Emergency Management*, 8-15.
- Buckle, P., Mars, R., & Smale, R. S. (1997). New approaches to assessing vulnerability and resilience. *Australian Journal of Emergency Management*, 8-14.
- Buckley, J. (1985). Fuzzy hierarchical analysis. *Fuzzy Sets and Systems*, 233-247.
- Bunge, M. (1985). *La Investigación Científica*. Barcelona: Ariel.
- Burby, R., Deyle, R., Godschalk, D., & Olshansky, R. (2000). Creating hazard resilient communities through land - use planning. *Natural Hazards Review*, 99-106.
- Burton, I., Saleemul, H., Lom, B., Pilifosova, O., & Schipper, E. L. (2000). Creating hazard resilient communities through land-use planning. *Natural Hazards Review*, 99-106.
- Buton, I., Huq, S., Lim, B., Pilifosova, O., & Schipper, E. (2002). From impacts assessment to adaptation priorities: The shaping of adaptation policy. *Climate Policy*, 145-149.
- Büyükoçkan, G., Ertay, T., & Kahraman, C. R. (2004). Determining the Importance Weights for the Design Requirements in the House of Quality Using the Fuzzy Analytic Network Approach. *International Journal of Intelligent Systems*, 443-461.



- Cannon, T. (2008). Reducing People's Vulnerability to Natural Hazards. *Research Paper No. 2008/34 UNU-WINDER*, [http://www.wider.unu.edu/publications/working-papers/research-papers/2008/en\\_GB/rp2008-34/](http://www.wider.unu.edu/publications/working-papers/research-papers/2008/en_GB/rp2008-34/).
- Carnot, S. (1824). *Réflexions sur la puissance motrice du feu*. Paris: Chez Bachelier .
- Carpenter, A. (2014). Resilience in the social and physical realms: Lessons from the Gulf Coast. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 1-12.
- Carpenter, S., & Brock, W. (2006). Rising variance: a leading indicator of ecological transition. *Ecology Letters*, 311-318.
- Carpenter, S., Arrow, K., Barrett, S., Biggs, R., Brock, W., & Crépin, A.-S. (2012). General Resilience to Cope with Extreme Events. *Sustainability*, 3248-3259.
- Carpenter, S., Walker, B., Anderies, J. M., & Abel, N. (2001). From Metaphor to Measurement: Resilience of What to What? *Ecosystems*, 765-781.
- Carreiro, M. M., & Zipperer, W. C. (2011). Co-adapting societal and ecological interactions following large disturbances in urban park woodland. *Austral Ecology*, 904-915.
- Castellacci, F. (2015). Institutional Voids or Organizational Resilience? Business Groups, Innovation, and Market Development in Latin America. *World Development*, 42-58.
- Castro, M. (2009). *Indicadores de desarrollo sostenible urbano. Una aplicación para Andalucía*. Málaga: <http://www.eumed.net/tesis-doctorales/jmc/>.
- CEPAL. (2016). *Comisión Económica para América Latina y el Caribe*. Recuperado el 1 de mayo de 2016, de [http://celade.cepal.org/redatam/PRYESP/SISPPI/Webhelp/indice\\_de\\_envejecimiento.htm](http://celade.cepal.org/redatam/PRYESP/SISPPI/Webhelp/indice_de_envejecimiento.htm)
- CEPAL. (2 de mayo de 2016). *Vulnerabilidad sociodemográfica*. Obtenido de [http://www.cepal.org/cgi-bin/getprod.asp?xml=/celade/noticias/paginas/5/10565/P10565.xml&xsl=/celade/tpl/p18f.xsl&base=/celade/tpl/top-bottom\\_vul.xsl](http://www.cepal.org/cgi-bin/getprod.asp?xml=/celade/noticias/paginas/5/10565/P10565.xml&xsl=/celade/tpl/p18f.xsl&base=/celade/tpl/top-bottom_vul.xsl)
- Chaffin, B., & Gunderson, L. (2016). Emergence, institutionalization and renewal: Rhythms of adaptive governance in complex social-ecological systems. *Journal of Environmental Management*, 81-87.
- Chakraborty, J., Tobin, G., & Montz, B. (2005). Population Evacuation: Assessing Spatial Variability in Geophysical Risk and Social Vulnerability to Natural Hazards. *Natural Hazards Review*, 23-33.
- Chandra, A., Acosta, J., Stern, S., Uscher-Pines, L., Williams, M., Yeung, D., . . . Meredith, L. (2011). *Building Community Resilience to Disasters*. Pittsburgh: U.S Department of Health and Human Services.
- Chang, D.-Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, 649 - 655.
- Chang, K.-F., & Yang, H.-W. (2011). A study of cosmetic bundle by utilizing a fuzzy Analytic Hierarchy Process (AHP) to determine preference of product attributers toward customer value. *African Journal of Business Management* , 8728 - 8739.
- Chasco, C., & García, G. (1997). [www.uam.es](http://www.uam.es). Recuperado el 1 de mayo de 2016, de [https://www.uam.es/personal\\_pdi/economicas/coro/investigacion/murcia97.PDF](https://www.uam.es/personal_pdi/economicas/coro/investigacion/murcia97.PDF)
- Chasco, P. (junio de 2000). [www.uan.es](http://www.uan.es). Recuperado el 1 de mayo de 2016, de <https://www.uam.es/otroscentros/klein/docjor/pchasco.pdf>
- Chatterjee, R., Ismail, N., & Shaw, R. (2016). Identifying Priorities of Asian Small- and Medium-Scale Enterprises for Building Disaster Resilience. En *Urban Disasters and Resilience in Asia* (págs. 179-194). <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-802169-9.00012-4>; Elsevier Inc.
- Chiang, Y.-C., Tsai, F.-F., Chang, H.-P., Chen, C.-F., & Huang, Y.-C. (2014). Adaptive society in a changing environment: Insight into the social resilience of a rural region of Taiwan. *Land Use Policy*, 510-521.
- Chopra, S., & Khanna, V. (2014). Understanding resilience in industrial symbiosis networks: Insights from network analysis. *Journal of environmental management*, 86-94.
- Christopherson, S., Michie, J., & Tyler, P. (2010). Regional resilience: theoretical and empirical perspectives. *Cambridge Journal of Regions Economy and Society*, 3-10.
- Cinner, J., Fuentes, M., & Randriamahazo, H. (2009). Exploring Social Resilience in Madagascar's Marine Protected Areas. *Ecology and Society*, <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss1/art41/>.
- Clausius, R. (1850). Über die bewegende Kraft der Wärme. *Annalen der Physik*, 368-397.
- Colten, C., Kates, R., & Laska, S. (2008). *Community Resilience: Lessons from New Orleans and Hurricane Katrina*. <http://biotech.law.lsu.edu/climate/docs/a2008.03.pdf>: Community and Regional Resilience Initiative.
- CONADIS. (febrero de 2016). *Consejo para la Igualdad de Discapacidades*. Obtenido de <http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>
- CONEVAL. (2013). *Manual para el diseño y construcción de indicadores*. México: CONEVAL.
- Connor, K. M., & Davidson, J. (2001). SPRINT: A brief global assessment of post- traumatic stress disorder. *International clinical psychopharmacology*, 279-284.

- Constantino T, R. M., & Dávila, H. (2011). Una aproximación a la vulnerabilidad y la resiliencia ante eventos hidrometeorológicos extremos en México. *Política y Cultura*, 1-46.
- Cooper, S., & Wheeler, T. (2015). Adaptive governance: Livelihood innovation for climate resilience in Uganda. *Geoforum*, 96-107.
- Corrons, A. (2015). *Monedas complementarias en pro de la sostenibilidad y el desarrollo: enfoque parárquico*. Barcelona : Universidad Jaume I - Universidad de Valencia.
- Cowell, M. (2013). Bounce back or move on: Regional resilience and economic development planning . *Cities*, 212-222.
- Cox, L. (2012). Community resilience and decision theory challenges for catastrophic events. *Risk analysis : an official publication of the Society for Risk Analysis*, 1919-1933.
- CRED. (12 de mayo de 2016). *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters*. Recuperado el 3 de junio de 02, de [http://www.emdat.be/country\\_profile/index.html](http://www.emdat.be/country_profile/index.html)
- Crespo, J., Suire, R., & Vicente, J. (2013). How structural properties of knowledge networks. *Journal of Economic Geography*, 1-20.
- Cutter, S. L., Barnes, L., Berry, M., Burton, C., Evans, E., Tate, E., & Webb, J. (2008). A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. *Global Environmental Change*, 598-606.
- Cutter, S., Ash, K., & Emrich, C. (2014). The geographies of community disaster resilience. *Global Environmental Change*, 65-77.
- Cutter, S., Burton, C., & Emrich, C. (2010). Disaster Resilience Indicators for Benchmarking Baseline Conditions. *Journal of Homeland Security and Emergency*, 1-22.
- D'Ercole, R., & Trujillo, M. (2003). *Amenazas, vulnerabilidad, capacidades y riesgo en el Ecuador. Un reto para el desarrollo* . Quito: CCOPI, IRD, Oxfam .
- DANE. (15 de 02 de 2016). *Guía para Diseño, Contrucción e Interpretación de Indicadores*. Obtenido de Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE: [http://www.dane.gov.co/files/planificacion/fortalecimiento/cuadernillo/Guia\\_construccion\\_interpretacion\\_indicadores.pdf](http://www.dane.gov.co/files/planificacion/fortalecimiento/cuadernillo/Guia_construccion_interpretacion_indicadores.pdf)
- Davison, D. (2010). The Applicability of the Concept of Resilience to Social Systems: Some Sources of Optimism and Nagging Doubts. *Society & Natural Resources* , 1135 - 1149.
- De la Reza, G. (2010). *Sistemas Complejos: Perspectivas de una teoría general*. Barcelona: Anthropos.
- Decision and Information Sciences Division. (2010). *Constructing a resilience index for the enhanced critical infrastructure protection program*. Illinois -USA: Argonne National Laboratory.
- Delgado, C. (2004). The political significance of small things. *Emergence: Complexity and Organization*, 49-54.
- Demoraes, F., & D'Ercole, R. (2001). *Mapas de Amenazas, Vulnerabilidad y Capacidades en el Ecaudor: Los desastres, un reto para el desarrollo*. Quito: Coopii, Oxfam, SIISE.
- Derissen, S., Quaas, M., & Baumgärtner, S. (2011). The relationship between resilience and sustainable development of ecological-economic systems. *Ecological Economics*, 1121-1128.
- Descartes, R. (1637). *Discours de la méthode*. Leiden: Ian Maire.
- Dev-Pandey, K., Buys, P. C., & Wheeler, D. (2006). *Biodiversity Conservation Indicators: New Tools for Priority Setting at the Global Environment Facility*. Obtenido de <http://data.worldbank.org/indicator/ER.BDV.TOTL.XQ/countries?display=default>
- Dick, J. M., Smith, R. I., & Scott, E. M. (2011). Ecosystem services and associated concepts. *Envirometrics*, 598-607.
- Dourojeanni, A. (2000). *CEPAL, Procedimientos de Gestión para el Desarrollo Sustentable*. Recuperado el 12 de diciembre de 2013, de <http://www.eclac.org/cgi-bin/getProd.asp?xml=/publicaciones/xml/1/5541/P5541.xml&xsl=/tpl/p9f.xsl&base=/tpl/top-bottom.xsl>
- Downey, S. S. (2010). Can Properties of Labor-Exchange Networks Explain the Resilience of Swidden Agriculture? *Ecology and Society*, <http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss4/art15/>.
- Eachus, P. (2014). Community Resilience: Is it greater than the sum of the parts of individual resilience? *Procedia Economics and finance*, 345-351.
- Eason, T., & Garmestani, A. S. (2012). Cross-Scale Dynamics of a Regional Urban System through Time. *Région et Développement*, 56-77.
- Eason, T., Garmestani, A., & Cabezas, H. (2013). Managing for Resilience: Early Detection of Regime Shifts in Complex Systems. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 773-783.
- Ebbesson, J., & Hey, E. (2013). Introduction : Where in Law is Social-Ecological Resilience? *Ecology and Society*, <http://dx.doi.org/10.5751/ES-05750-180325>.
- Ekel, P., Martini, J., & Palhares, R. (2008). Multicriteria analysis in decision making under information uncertainty. *Applied Mathematics and Computacion*, 501-516.

- Engler, A., Müller, D., Vrancken, S., & Hecklein, M. (2005). *Funciones*. Santa Fé: Universidad Nacional de Litoral.
- Escalera, J., & Ruiz-Ballesteros, E. (2011). Resiliencia Socioecológica : aportaciones y retos desde la Antropología Socioecológica. *Revista de Antropología Social* , 109-135.
- Evans, G. (2008). Transformation from “ Carbon Valley ” to a “ Post-Carbon Society ” in a Climate Change Hot Spot : the Coalfields of the Hunter Valley , New South. *Ecology and Society*, <http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss1/art39>.
- FAO. (2009). *En tierra segura. Desastres naturales y tenencia de la tierra*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/013/i1255b/i1255b02.pdf>
- Farrel, B. H., & Twining-Ward, L. (2004). Reconceptualizing Tourism. *Annals of Tourism Research*, 274-295.
- Fenton, N., & Wang, W. (2006). Risk and confidence analysis for fuzzy multicriteria decision making . *Knowledge-Based Systems*, 430-37.
- Fernández, A. (1994). *La Economía de la Complejidad*. Madrid: McGraw Hill.
- Fernández, G., & Escribano, M. d. (2003). El análisis de la robustez y la ayuda a la decisión multicriterio discreta. *Anales de economía aplicada* , <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=848115>.
- Folke, C. (2002). *Social-Ecological Resilience and Behavioural Responses*. Recuperado el 22 de 04 de 2014, de The Beijer Institute of Ecological Economics: [http://www.beijer.kva.se/PDF/87823499\\_Disc155.pdf](http://www.beijer.kva.se/PDF/87823499_Disc155.pdf)
- Folke, C. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. *Global Environmental Change*, 253-267.
- Folke, C., Carpenter, S., Elmqvist, T., Gunderson, L., Holling, C., & Walker, B. (2002). Resilience and Sustainable Development: Building Adaptive Capacity in a World of Transformation. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 437-440.
- Folke, C., Carpenter, S., Scheffer, M., Elmqvist, T., Gunderson, L., & Holling, C. S. (2004). Regime Shifts, Resilience, and Biodiversity in Ecosystem Management. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 557-581.
- Folke, C., Hahn, T., Olsson, P., & Norberg, J. (2005). Adaptive Governance of Social - Ecological Systems. *Annual Review of Environment and Resources* , 441-473.
- Folke, C., Holling, C. S., & Perrings, C. (1996). Biological Diversity, Ecosystems and The Human Scale. *Ecological Applications*, 1018-1024.
- Forbes, B. C., Stammer, F., Kumpula, T., Meschtyb, N., Pajunen, A., & Kaarlejärvi, E. (2009). Nenets social-ecological system, West Siberian Arctic, Russia. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 22041-22048.
- Forys, E. A., & Allen, C. R. (2002). Functional Group Change within and across Scales following Invasions and Extinctions in the Everglades Ecosystem. *Ecosystems*, 339-347.
- Foster, K. A. (11 de enero de 2007). A Case Study Approach to Understanding Regional Resilience. *IURD Working Paper Series*, <http://escholarship.org/uc/item/8tt02163>. Berkeley: Institute of Urban and Regional Development, University of California.
- Fraster, E. (2003). Social Vulnerability and Ecological Fragility: Building Bridges between Social and Natural Sciences Using the Irish Potato Famine as a Case Study. *Conservation Ecology*, <http://www.consecol.org/vol7/iss2/art9>.
- Fraster, E. D., & Stringer, L. (2009). Explaining agricultural collapse: Macro-forces, micro-crises and the emergence of land use vulnerability in southern Romania. *Global Environmental Change*, 45-53.
- Fraster, E. D., Mabey, W., & Figge, F. (2005). A framework for assessing the vulnerability of food systems to future shocks. *Futures*, 465-479.
- Freire-Guevara, E. (2001). *Baños en el tiempo y el espacio*. Quito: Casa de la Cultura Ecuatoriana.
- Friborg, O., Barlaug, D., Martinussen, M., Rosenvinge, J., & Hjemdal, O. (2005). Resilience in relation to personality and intelligence. *International Journal of Methods in Psychiatric Research*, 29-42.
- GAD del cantón Baños de Agua Santa. (2015). *Diagnóstico del cantón Baños de Agua Santa (2014-2019)*. Baños: GAD Baños.
- Gall, M. (2013). *From social vulnerability to resilience: measuring progress toward disaster risk reduction*. Bonn: United Nations University.
- Gallopín, G. C. (2006). Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Environmental Change*, 293-303.
- García, J., Garmestani, A. S., & Karunanithi, A. (2011). Threshold transitions in a regional urban system. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 152-159.
- García, R. (2000). *El conocimiento en construcción*. Barcelona: Gedisa.
- García, R. (2006). *Sistemas Complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Barcelona: Gedisa S.A.



- Garmestani, A. S., & Allen, C. R. (2009). Panarchy: Discontinuities Reveal Similarities in the Dynamic System Structure of Ecological and Social Systems. *Ecology and Society*, <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss1/art15/>.
- Garmestani, A. S., & Benson, M. H. (2013). A Framework for Resilience based Governance of Social-Ecological Systems. *Ecology and Society*, <http://dx.doi.org/10.5751/ES-05180-180109>.
- Garmestani, A. S., Allen, C. R., & Gallagher, C. M. (2008). Power laws, Discontinuities and Regional City Size. *Journal of Economic Behaviour & Organization*, <http://digitalcommons.unl.edu/natrespapers/150>.
- Garmestani, A. S., Allen, C. R., & Gunderson, L. (2009). Panarchy: Discontinuities Reveal Similarities in the Dynamic System Structure of Ecological and Social Systems. *Ecology and Society*, <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss1/art15>.
- Garmestani, A. S., Allen, C. R., & Michael, B. K. (2005). Time-series Analysis of Clusters in City Size Distributions. *Urban Studies*, 1507-1515.
- Garmestani, A. S., Allen, C. R., Gallagher, C. M., & Mittelstaedt. (2007). Departures from Gibrat ' s Law , Discontinuities and City Size Distributions City Size Distributions. *Papers in Natural Resources*, <http://digitalcommons.unl.edu/natrespapers/106>.
- Garmestani, A. S., Allen, C. R., Mittelstaedt, J. D., Stow, C. A., & Ward, W. A. (2006). Firm size diversity, functional richness, and resilience. *Environment and Development Economics*, 533-551.
- Garmestani, A., R, A. C., & Cabezas, H. (2008). Panarchy, Adaptive Management and Governance: Policy Options for Building Resilience . *Nebraska Law Review*, 1036-1054.
- Garmez, N. (1974). The study of competence in children at risk for severe psychopathology. En E. Anthony, & C. Koupernik, *The child in his family: Children at psychiatric risk* (págs. 77-97). New York: Wiley.
- Gasparini, P., Di Ruocco, A., & Russo, R. (2014). Natural Hazards Impacting on Future Cities. En P. Gasparini, G. Manfredi, & D. Asprone, *Resilience and Sustainability in Relation to Natural Disasters: A Challenge for Future Cities* (págs. 71-83). New York: Springer.
- Gelcich, S., Edwards-Jones, G., Kaiser, M. J., & Castilla, J. C. (2006). Co-management Policy Can Reduce Resilience in Traditionally Managed Marine Ecosystems. *Ecosystems*, 951-966.
- Gell-Man, M. (1994). Complex Adaptive Systems. En G. Cowan, D. Pines, & M. D., *Complexity: Metaphors, Models, and Reality* (págs. 17-45). New Mexico: Addison-Wesley.
- Gibbs, M. T. (2009). Resilience: What is it and what does it mean for marine policymakers? *Marine Policy*, 322-331.
- Godschalk, D. (2003). Urban Hazard Mitigation: Creating Resilient Cities. *Natural Hazards Review*, 136-143.
- Goldmann, L. (1952). *Sciences Humaines et Philosophie*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Gómez-Baggethun, E., Reyes-García, V., Olsson, P., & Montes, C. (2012). Traditional ecological knowledge and community resilience to environmental extremes: A case study in Doñana, SW Spain. *Global Environmental Change*, 640-650.
- Gotts, N. M. (2007). Resilience , Panarchy , and World-Systems Analysis. *Ecology and Society*, [www.ecologyandsociety.org/vol12/iss1/art24/](http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss1/art24/).
- Grabher, G., & Stark, D. (1997). Organizing Diversity : Evolutionary Theory , Network Analysis and Postsocialism; Stark, David; . *Regional Studies*, 533-544.
- Grigolini, P., Allegrini, P., & West, B. J. (2007). In search of a theory of complexity: An overview on the Denton workshop. *Chaos, Solitons & Fractals*, 3-10.
- Gunderson, L. (2000). Ecological Resilience - In Theory and Application. *Annual Review Of Ecology and Systematics*, 425-439.
- Gunderson, L. (2001). Managing surprising ecosystems in southern Florida . *Ecological Economics*, 371-378.
- Gunderson, L. (2009). *Comparing Ecological and Human Community Resilience*. Atlanta : Emory University.
- Gunderson, L. H. (2010). Ecological and Human Community Resilience in Response to Natural. *Ecology and Society*, <http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss2/art18/>.
- Gunderson, L. H., Holling, C. S., & Light, S. (1995). *Barriers and Bridges to the Renewal of Ecosystems and Institutions*. New York: Columbia University Press.
- Gunderson, L., & Holling, C. (2004). Panarchy: understanding transformations in human and natural systems. *Ecological Economics*, 487-491.
- Gunderson, L., & Holling, C. S. (2002). *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural System*. Washington DC: Island.
- Gunderson, L., Allen, C., & Holling, C. S. (2010). *Foundations of Ecological Resilience*. Washington DC: Island Press.
- Gunderson, L., Holling, C. S., & Light, S. (1995). *Barriers and Bridges to the Renewal of Regional Ecosystems*. New York: Columbia University Press.

- Hall, M., Robien, C., Beate, B., Mothes, P., & Monzier, M. (1999). Tungurahua Volcano, Ecuador: structure, eruptive history and hazards. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 1-21.
- Hall, M., Robin, C., Beate, B., Mothes, P., & Monzier, M. (1999). Tungurahua Volcano, Ecuador: structure, eruptive history and hazards. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 1-21.
- Harriosn, C., & Williams, P. (2016). A systems approach to natural disaster resilience. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 1-21.
- Harvie, C., & Lee, B. C. (2002). *The role of SMEs in national economies in East Asia*. Cheltenham: Edwar Elgar Publishing.
- Hassink, R. (2010). Regional resilience: a promising concept to explain differences in regional economic adaptability? *Cambridge Journal of Regions, economy and Society*, 45-58.
- Heap, S., Lyons, B., Hollis, M., Sugden, R., & Albert, W. (1992). *The theory of choice: A critical guide*. Oxford: Wiley - Blackwell.
- Hernández, A., & Vázquez, M. (9 de mayo de 2010). *Biblioteca CF+S Ciudades para un futuro más sostenible*. Obtenido de <http://habitat.aq.upm.es/gi/mve/2010-cm.pdf>
- Hernández, R., & Fernández-Collado, B. P. (2006). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Herrera, M., & Osorio, J. (2006). Modelo para la gestión de proveedores utilizando AHP difuso. *Estudios Gerenciales*, 69-88.
- Heylighen, F. (2001). The science of self-organization and adaptability. *The Encyclopedia of Life Support Systems*, 253-280.
- Hill, E., Wial, H., & Wolman, H. (junio de 2008). Exploring regional economic resilience. *IURD Working Paper Series*. Berkeley: Institute of Urban and Regional Development, University of California.
- Holland, J. H. (1995). *Hidden Order. How adaptation builds complexity*. USA: Helix Books.
- Holland, J. H. (1998). *Emergence: From Chaos to Order*. New York: Perseus Books Groups.
- Holland, J. H. (2006). Studying Complex Adapative Systems. *Jrl Syst Sci & Complexity*, 1-8.
- Holling, C. S. (1973). Resilience and Stability of Ecological System. *Annual Review Ecological System*, 1-23.
- Holling, C. S. (1986). The Resilience of Terrestrial Ecosystems: Local surprise and global change. En W. C. Clark, & R. Munn, *Sustainable development of the biosphere* (págs. 292-317). Cambridge: Cambridge University Press.
- Holling, C. S. (1992). Cross-Scale Morphology, Geometry, and Dynamics of Ecosystems. *Ecological Monographs*, 447-502.
- Holling, C. S. (1996). Engineering Resilience versus Ecological Resilience. *Engineering within Ecological Constraints*, 31-43.
- Holling, C. S. (2001). Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems. *Ecosystems*, 390-405.
- Holling, C. S., & Gunderson, L. H. (2002). Resilience and Adaptive Cycles. En L. H. Gunderson, & C. S. Holling, *Panarchy, Understanding Transformation in Human and Natural Systems*. Washington: Island.
- Holling, C. S., Gunderson, L. H., & Ludwig, D. (2002). In Quest of a Theory of Adaptive Change. En L. H. Gunderson, & C. S. Holling, *Panarchy. Understanding Transformations in Human and Natural Systems*. Washington: Island Press.
- Holling, C., Gunderson, L., & Ludwig, D. (2002). In search of a Theory of Adaptive Change. En L. Gunderson, & C. Holling, *Panarchy* (págs. 2-22). Washington DC: Island Press.
- Hosseini, S., Barker, K., & Ramírez-Márquez, J. (2015). A review of definitions and measures of system resilience. *Reliability Engineering and System Safety*, 47-61.
- Huang, L.-C., & Wu, R. (2005). Applying fuzzy analytic hierarchy process in the managerial talent assessment model – an empirical study in Taiwan's semiconductor industry. *International Journal of Technology Management*, 105-130.
- Hystad, P., & Keller, P. (2008). Towards a destination tourism disaster management framework: Long-term lessons from a forest fire disaster. *Tourism Management*, 151-162.
- Ifejika, C., Wiesmann, U., & Rist, S. (2014). An indicator framework for assessing livelihood resilience in the context of social-ecological dynamics. *Global Environmental Change*, 109-119.
- INEC. (2010). *Censo Nacional de Población y Vivienda*. Quito: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC.
- INEC. (2011). *Sistema Integrado de Consultas*. Recuperado el 01 de 05 de 2016, de <http://redatam.inec.gob.ec/cgi-bin/RpWebEngine.exe/PortalAction>
- INEC. (2013). *Estadísticas de camas y egresos hospitalarios*. Quito: INEC.
- INEC. (2014). *Directorio empresarial*. Quito: INEC.

- Información, S. N. (3 de mayo de 2016). *Información para la planificación y ordenamiento territorial*. Obtenido de <http://sni.gob.ec/web/inicio/descargapdyot>
- Ishizaka, A. (2014). Comparison of Fuzzy logic, AHP, FAHP and Hybrid Fuzzy AHP for new supplier selection and its performance analysis. *International Journal of Integrated Supply Management*, 1-22.
- Jansson, Å. (2013). Reaching for a sustainable, resilient urban future using the lens of ecosystem services. *Ecological Economics*, 258-291.
- Joerin, J., Shaw, R., Takeuchi, Y., & Krishnamurthy, R. (2012). Assessing community resilience to climate-related disaster in Chennai, India. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 44-54.
- Jones, E., Faas, A., Murphy, A., Tobin, G., Whiteford, L., & McCarty, C. (2013). Cross-Cultural and Site-Based Influences on Demographic, Well-being, and Social Network Predictors of Risk Perception in Hazard and Disaster Settings in Ecuador and Mexico. *Human Nature*, 5-32.
- Jordan, E., Javernick-Will, A., & Amadei, B. (2011). Pathways to community recovery and resiliency. En M. Toole, *Engineering Project Organizations Conference*. Estes Park, Colorado: EPOS, Bucknell University.
- Kahraman, C. (2008). Multicriteria Decision Making Methods and Fuzzy Sets. En C. Kahraman, *Fuzzy multicriteria Decision Making: Theory and Applications with recent developments* (págs. 1-18). Istanbul: Springer.
- Kaneko, K. (1998). Life as Complex Systems: Viewpoint from intr-inter dynamics. *Complexity*, 53-60.
- Karkkainen, B. C. (2006). Panarchy and Adaptive Change : Around the Loop and Back Again. *Minnesota Journal of Law, Science & Technology*, 59-77.
- Kasperson, R., Kasperson, J., & Turner, B. (1995). *Regions at Risk: Comparisons of Threatened Environments (UN Studies on Critical Environmental Regions)*. Tokyo: United Nations University Press.
- Kitano, H. (2004). Biological Robustness. *Nature Reviews*, 826-837.
- Kuecker, G. D., & Hall, T. D. (2011). Resilience and Community in the Age of World-System Collapse. *Nature and Culture*, 18-40.
- Kuecker, G. D., & Hall, T. D. (2011). Resilience and Community in the Age of World-System Collapse. *Nature and Culture*, 18-40.
- Kuhn, T. (1962). *La Estructura de las Revoluciones Científicas* (Primera ed.). (A. Contín, Trad.) Chicago: University of Chicago Press.
- Kumpfer, K. (1999). Factors and processes contributing to resilience: The resilience framework. En M. Glantz, & J. J.L., *Resilience and Development: Positive life adaptations longitudinal research in the social and behavioural sciences*. Dordrecht: Kluwer.
- Kusumastuti, R., Husodo, Z., Suardi, L., & Danarsari, D. (2014). Developing a Resilience Index towards Natural Disasters in Indonesia. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 327 - 340.
- Lane, L. R., Tobin, G. A., & Whiteford, L. M. (2003). Volcanic hazard or economic destitution: hard choices in Baños, Ecuador. *Environmental Hazards*, 23-34.
- Latouche, S. (2006). *La Apuesta por el Decrecimiento. ¿Cómo salir del imaginario dominante?* Barcelona: España.
- Le Fur, J. (2013). Extending Life Concepts to Complex Systems. *Interdisciplinary Description of Complex Systems*, 37.50.
- Leavy, P. (2011). *Essentials of Transdisciplinary Research*. Walnut Creek: Left Coast Press.
- León, J., & March, A. (2014). Urban morphology as a tool for supporting tsunami rapid resilience: A case study of Talcahuano, Chile. *Habitat International*, 250-262.
- Leuteritz, T. E., & Eklia, H. R. (2008). Not All Roads Lead to Resilience: a Complex Systems Approach to the Comparative Analysis of Tortoises in Arid Ecosystems. *Ecology and Society*, [www.ecologyandsociety.org/vol13/iss1/art1](http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss1/art1).
- Levin, S. (1998). Ecosystems and the Biosphere as Complex Adaptive Systems. *Ecosystems*, 431-436.
- Li, H., Apostolakis, G., Gifun, J., VanSchalkwyk, Leite, S., & Barber, D. (2009). Ranking the Risk from Multiple Hazards in a small Community. *Risk Analysis*, 438 - 456.
- Lin, F.-J., & Lin, Y.-H. (2016). The effect of network relationship on the performance of SMEs. *Journal of Business Research*, 1780-1784.
- Linnenluecke, M., & Griffiths, A. (2010). Beyond Adaptation: Resilience for Business in Light of Climate Change and Weather Extremes. *Business & Society*, 477-511.
- Llamazares, F., & Berumen, S. (2011). *Los Métodos de Decisión Multicriterio y su Aplicación al Análisis del Desarrollo Local*. Madrid: ESIC.
- López-Torres, G., Maldonado, G., Pinzón, S., & García, R. (2016). Colaboración y actividades de innovación en Pymes. *Contaduría y Administración*, 568-581.
- Lorenz, E. (1963). Deterministic Nonperiodic Flow . *Journal of The Atmospheric Sciences*, 130-141.



- Lovelock, J. (1985). *Gia, una nueva visión de la vida sobre la tierra*. Barcelona : Orbis.
- Lu, P., & Stead, D. (2013). Understanding the notion of resilience in spatial planning: A case study of Rotterdam, The Netherlands. *Cities*, 200-2012.
- Luers, A. L., Lobell, D. B., Sklar, L. S., Addams, L., & Matson, P. (2003). A method for quantifying vulnerability, applied to the agricultural system of the Yaqui Valley, Mexico. *Global Environmental Change*, 255-267.
- Maccia, E. (1966). *Development of educational theory derived from three educational theory models*. Ohio: Ohio State University, Research Foundation.
- Maillat, D. (1995). Desarrollo territorial, milieu y política regional . En A. Vásquez, & G. Garofoli, *Desarrollo económico local en Europa* (págs. 37-51). Madrid: Colegio de Economistas.
- Maldonado, C. (2007). El problema de una teoría general de la complejidad. Bogotá: U. Externado de Colombia.
- Maldonado, C. (2008). Complejidad y Ciencias Sociales desde el aporte de las Matemáticas Cualitativas. *Cinta Moebio*, 153-170.
- Maldonado, C., & Gómez, N. (2010). *Modelamiento y simulación de sistemas complejos*. Bogotá: Universidad del Rosario.
- Maldonado, J., & Moreno, R. (2014). Estimating the Adaptive Capacity of Local Communities at Marine Protected Areas in Latin America : a Practical Approach. *Ecology and Society*, <http://dx.doi.org/10.5751/ES-05962-190116>.
- Manciaux, M., Vanistendael, S., Lecomte, J., & Cyrulnik, B. (2003). La Resiliencia: estado de la cuestión. En M. Manciaux, *La Resiliencia: resitir y rehacerse* (págs. 17-27). Barcelona: Gedisa.
- Marcano, L. (2010). *La política de vivienda social y su impacto en el bienestar: el caso de Ecuador*. <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=35572744>: BID.
- Marcucci, D. (2014). Coastal Resilience: New Perspectives of Spatial and Productive Development for the Chilean caletas Exposed to Tsunami Risk. *Procedia Economics and Finance*, 39-46.
- Marshall, N. A. (2010). Understanding social resilience to climate variability in primary enterprises and industries. *Global Environmental Change*, 36-43.
- Martin, R. (2011). Regional economic resilience, hysteresis and recessionary shocks. *Journal of Economic Geography*, 1-32.
- Martin, R. (2012). Regional economic resilience, hysteresis and recessionary. *Journal of Economic Geography*, 1-32.
- Martin, R., & Sunley, P. (14 de octubre de 2013). On the Notion of Regional Economic Resilience : Conceptualisation and Explanation. *Working paper about Evolutionary Geography*. Utrecht University. Urban & Regional research centre Utrecht.
- Max-Neef, M. A. (Agosto de 2004). *Fundamentos de la Transdisciplinariedad*. Recuperado el 2014 de Junio de 1, de [https://c90773a8-a-c3647dd8-s-sites.googlegroups.com/a/decrecimiento.info/max-neef/Home/Max\\_Neef\\_Fundamentos\\_transdisciplinariedad.pdf?attachauth=ANoY7cq1CN1N8beGzPWNPkiV\\_ZQ6RTP3YIL90ht3ZRSFoYY1\\_Wmhm0rpotY-czXzVsRMjjxZZfiHT8pNOjB43EXNIHPWJ9snUbpkYqe6i93IQI](https://c90773a8-a-c3647dd8-s-sites.googlegroups.com/a/decrecimiento.info/max-neef/Home/Max_Neef_Fundamentos_transdisciplinariedad.pdf?attachauth=ANoY7cq1CN1N8beGzPWNPkiV_ZQ6RTP3YIL90ht3ZRSFoYY1_Wmhm0rpotY-czXzVsRMjjxZZfiHT8pNOjB43EXNIHPWJ9snUbpkYqe6i93IQI)
- McManus, S., Seville, E., Brunsdon, D., & Vargo, J. (2007). *Resilience Management: A Framework for Assessing and Improving the Resilience of Organisations*. New Zealand: Resilient Organisations.
- Mertens, D. (2015). *Research and evaluation in Education and Psychology: Integrating Diversity with Quantitative, Qualitative, and Mixed Methods*. London: SAGE.
- Mesarovic, M. (1974). *Views on Genral System Theory*. New York: Krieger.
- Mhango, J., & Dick, J. (2011). Analysis of fertilizer subsidy programs and ecosystem services in Malawi. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 200-207.
- Miles, S., & Chang, S. (2006). Modelling Community Recovery from Earthquakes. *Earthquake Spectra*, 439-458.
- Mileti, D. (1999). *Disaster by Design: A reassessment of Natural Hazards in the United States*. Washington, DC: Joseph Henry Press.
- Ministerio del Ambiente . (2014). Ecosistemas frágiles y prioridades de conservación . Quito, Tungurahua, Ecuador.
- Moen, J., & Keskitalo, C. H. (2010). Interlocking panarchies in multi-use boreal forests in Sweden. *Ecology and Society*, <http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss3/art17/>.
- Moreno, J. (1997). Priorización y toma de decisiones ambientales. *Actas del Primer encuentro Iberoamericano de Evaluación y Decisión Multicriterio*, (págs. 113-145). Santiago de Chile.
- Moreno, J. (2002). El Proceso Analítico Jerárquico (AHP). Fundamentos, metodología y Aplicaciones . *RECT@*, 21-53.

- Moreno, J., Aguarón, J., & Escobar, M. (1998). Validez, robustez y estabilidad en decisión multicriterio. Análisis de sensibilidad en el proceso analítico jerárquico. *Rev.R.Acad. Cien.Exact.Fis.Nat. (Esp)*, 378-397.
- Morín, E. (1981). *El Método: La Naturaleza de la Naturaleza*. Madrid: Cátedra.
- Morín, E. (1994). *Introducción al Pesamiento Complejo*. Barcelona: Gedisa.
- Morin, E. (2004). *El método VI. Ética*. Paris: Seuil.
- Morrow, B. (2008). *Community Resilience: A Social Justice Perspective*. CARRI Research Report 4. [http://www.resilientus.org/wp-content/uploads/2013/03/FINAL\\_MORROW\\_9-25-08\\_1223482348.pdf](http://www.resilientus.org/wp-content/uploads/2013/03/FINAL_MORROW_9-25-08_1223482348.pdf): Community & Regional Resilience Initiative.
- Muller, G. (2012). Fuzzy architecture assessment for critical infrastructure resilience. *Procedia Computer Science*, 367-372.
- Murphy, B. L. (2007). Locating social capital in resilient community-level emergency management. *Natural Hazards*, 297-315.
- National Research Council . (2006). *Community Disaster Resilience: A Summary of the March 20, 2006, Workshop of the Disasters Roundtable*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Neumann, J. (1951). *The General and Logical Theory of Automata*. Princeton: Princeton University Press.
- Neumann, J., & Morgenstern, O. (1944). *Theory of Games and Economic Behaviour*. Princeton: Princeton University Press.
- Nijkamp, P. (26-27 de Abril de 1990). Regional Sustainable Development and Natural Resources Use. *World Bank Annual Conference on Development Economics*. Washington D.C, USA.
- Norris, F., Stevens, S., Pfefferbaum, Wyche, K., & Pfefferbaum, R. (2008). Community resilience as a metaphor, theory, set of capacities, and strategy for disaster readiness. *American journal of community psychology*, 127-150.
- Olick, J. (1998). Social memory studies: From "collective memory" to the historical sociology of mnemonic practices. *Annual, Review of Sociology*, 105-140.
- Olwig, M. F. (2012). Multi-sited resilience: The mutual construction of "local" and "global" understandings and practices of adaptation and innovation. *Applied Geography*, 112-118.
- ONU. (2015). *Naciones Unidas. Resolución aprobada por la Asamblea General el 25 de septiembre de 2015*. Obtenido de <http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/RES/70/1>
- Orencio, P. M., & Fujii, M. (2013). A localized disaster-resilience index to assess coastal communities based on an analytic hierarchy process (AHP). *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 62-75.
- Oshio, A., Kaneko, H., Nagamine, S., & Nakata, M. (2003). Construct validity of the adolescent resilience scale. *Psychological Reports*, 1217-1222.
- Ospina, D. (2007). La Medición de la Resiliencia. *Investigación y Educación en Enfermería*, 58-65.
- Östh, J., Reggiani, A., & Galiazzo, G. (2015). Spatial economic resilience and accessibility: A join perspective. *Computers, Environment and Urban Systems*, 148-159.
- Pant, R., Barker, K., & Zobel, C. (2014). Static and dynamic metrics of economic resilience for interdependent infrastructure and industry sectors. *Reliability Engineering & System Safety*, 92-102.
- Pasol, B. (2014). ¿Hacia una "nueva época" en los estudios de memoria social? *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, 291-316.
- Perrings, C. (2006). Resilience and sustainable development. *Environment and Development Economics*, 417-427.
- Peterson, G., Allen, C. R., & Holling, C. S. (1998). Ecological Resilience, Biodiversity, and Scale Ecological Resilience, Biodiversity, and Scale. *Ecosystems*, 6-18.
- Petrosillo, I., Zaccarelli, N., & Zurlini, G. (2010). Multi-scale vulnerability of natural capital in a panarchy of social-ecological landscapes. *Ecological Complexity*, 359-367.
- Phillis, Y., & Andriantiatsaholainaina, L. (2001). Sustainability: an ill-defined concept and its assessment using fuzzy logic. *Ecological Economics*, 435-456.
- Piirainen, K., Tanner, A., & Alkærsig, L. (2016). Regional foresight and dynamics of smart specialization: A typology of regional diversification patterns. *Technological Forecasting & Social Change*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2016.06.027>.
- Pike, A., Dawley, S., & Tomaney, J. (2010). Resilience, adaptation and adaptability. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 59-70.
- Pimm, S. (1984). The complexity and stability of ecosystems. *Nature*, 321-326.
- Piñeiro, J., & Romero, N. (2011). Responsabilidad Social Empresarial y Resiliencia . *Revista Galega de Economía*, 1-34.

- PNUD. (octubre de 2010). *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo*. Recuperado el 1 de mayo de 2016, de <http://www.undp.org/content/dam/undp/library/crisis%20prevention/disaster/Reduccion-Genero.pdf?download>
- Popper, K. (1988). *The Open Universe*. Cambridge: Routledge.
- Powell, W., Koput, K., & Smith-Doerr, L. (1996). Interorganizational Collaboration and the Locus of Innovation: Networks of Learning in Biotechnology. *Administrative Science Quarterly*, 116-145.
- Prieto, E. (2013). Resiliencia y panarquía : claves para enfrentar la adversidad en sistemas sociales. *Multiciencias*, 23-29.
- Proag, V. (2014). The concept of vulnerability and resilience. *Procedia Economics and Finance*, 369-376.
- Quinlan, A., Berbé-Blázquez, Haider, J., & Peterson, G. (2015). Measuring and assessing resilience: broadening understanding through multiple disciplinary perspectives. *Journal of Applied Ecology*, doi: 10.1111/1365-2664.12550.
- Rajkumar, A., Premkumar, T., & Tharyan, P. (2008). Coping with the Asian tsunami: perspectives from Tamil Nadu, India on the determinants of resilience in the face of adversity. *Social Science & Medicine*, 844-853.
- Ranjan, E., & Abenayake, C. (2014). A Study on Community's Perception on Disaster Resilience Concept. *Procedia Economics and Finance*, 88-94.
- Reggiani, A., Graaff, T., & Nijkamp, P. (2002). Resilience: An evolutionary approach to spatial economic systems. *Networks and Spatial Economics*, 211-229.
- Rescigno, A., & Segre, G. (1966). *Drug and Tracer Kinetics*. Massachusetts: Blaisdell.
- Reyes, R., & Cardoso, H. (2008). La Crisis Financiera: orígenes y efectos. *Gaceta de Economía*, 1-13.
- Reynoso, C. (2006). *Complejidad y caos. Una exploración antropológica*. Buenos Aires: SB.
- Rist, L., & Moen, J. (2013). Sustainability in forest management and a new role for resilience thinking. *Forest Ecology and Management*, 416-427.
- Rodima-Taylor, D., & Olwig, M. C. (2012). Adaptation as innovation, innovation as adaptation: An institutional approach to climate change. *Applied Geography*, 107-111.
- Rodríguez, L., & Aguirre, J. (2011). Teorías de la Complejidad y las Ciencias Sociales. Nuevas estrategias epistemológicas y metodológicas. *Nómadas. Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas*, 30(2), 147-166.
- Rose, A. (2009). Economic Resilience to Disaster. *Published Articles & Papers*, [http://research.create.usc.edu/published\\_papers/75](http://research.create.usc.edu/published_papers/75).
- Rose, A., & Krausmann, E. (2013). An economic framework for the development of a resilience index for business recovery. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 73-83.
- Rose, A., & Liao, S.-Y. (2005). Modeling Regional Economic Resilience to Disasters: A Computable General Equilibrium Analysis of Water Service Disruptions. *Journal of Regional Science*, 75-112.
- Ruhl, J. B. (2012). Panarchy and the Law. *Ecology and Society*, <http://dx.doi.org/10.5751/ES-05109-170331>.
- Ruiz-Ballesteros, E. (2011). Social-ecological resilience and community-based tourism. An approach from Agua Blanca, Ecuador. *Tourism Management*, 655-666.
- Rumbach, A., & Foley, D. (2014). Indigenous Institutions and Their Role in Disaster Risk Reduction and Resilience : Evidence from the 2009 Tsunami in American Samoa. *Ecology and Society*, <http://dx.doi.org/10.5751/ES-06189-190119>.
- Rutter, M. (1993). Resilience: Some conceptual considerations. *Journal of Adolescent Health*, 626-631.
- Rutter, M. (2006). Implications of resilience concepts for scientific understanding. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1-12.
- Rutter, M. (2007). Resilience, competence, and coping. *Child abuse & neglect*, 205-209.
- Rutter, M. (2012). Resilience as a Dynamic Concept. *Development and psychopathology*, 335-344.
- Rygel, L., O'Sullivan, D., & Yarnal, B. (2006). A Method for Constructing a Social Vulnerability Index: An Application to Hurricane Storm Surges in a Developed Country. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 741-764.
- Saaty, T. (1980). *Multicriteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill.
- Saaty, T. (1990). How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*(48), 9-26.
- Saaty, T. (2008). Relative measurement and its generalization in decision making why pairwise comparisons are central in mathematics for the measurement of intangible factors the analytic hierarchy/network process. *RACSAM*(2), 251-318.
- Sabatino, M. (2016). Economic crisis and resilience: Resilient capacity and competitiveness of the enterprises. *Journal of Business Research*, 1924 - 1927.



- Salgado, A. (2005). Métodos e Instrumentos para Medir la Resiliencia: Una alternativa peruana. *Liberabit*, 41-48.
- Sánchez, G. (2009). *Análisis de la sostenibilidad agraria mediante indicadores sintéticos: aplicación empírica para sistemas agrarios*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Sánchez-Fernández, G. (2009). *Análisis de la sostenibilidad agraria mediante indicadores sintéticos: Aplicación empírica para sistemas agrarios de Castilla y León*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Santa Fe Institute. (2014). *Santa Fe Institute. Science for a Complex World*. Recuperado el 2 de Junio de 2014, de <http://www.santafe.edu/>
- Sapirstein, G. (2008). *Social Resilience : The Forgotten Element in Disaster Reduction*. Recuperado el 19 de junio de 2014, de [www.ORIconsulting.com](http://www.oriconsulting.com): <http://www.oriconsulting.com/articles.html>
- Sarandón, S. (2002). El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. En S. Sarandón, *Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable* (págs. 393-414). La Plata: Ediciones Científicas Americanas.
- Scheffer, M., Bascompte, J., Brock, W., Held, H., Van Nes, E. H., Rietkerk, M., & Sugihara, G. (2009). Early-warning signals for critical transitions. *Nature*, 53-59.
- Scheffran, J., Marmer, E., & Sow, P. (2012). Migration as a contribution to resilience and innovation in climate adaptation: Social networks and co-development in Northwest Africa. *Applied Geography*, 119-127.
- Schneider, B. (2007). *Resiliencia: Cómo construir empresas exitosas en contextos de inestabilidad*. Bogotá: Norma.
- Schumpeter, J. A. (1942). Creative Destruction. *Capitalism, Socialism and Democracy*, 82-85.
- Schuschny, A., & Soto, H. (2009). *Guía metodológica. Diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible*. Santiago de Chile: CEPAL.
- Scott, S., Hale, D., & Benavides, J. (2003). *Natural Disaster Management and the Road Network in Ecuador: Policy Issues and Recommendations*. New York: IFM Publications.
- SCPM. (2013). *Superintendencia de Control de Poder de Mercado*. Obtenido de Indicadores de Concentración: <http://scpm.gob.ec/wp-content/uploads/2013/02/FORMULARIO-GESTION4.pdf>
- SENPLADES. (2013). *Plan Nacional del Buen Vivir*. Quito: SENPLADES.
- SENPLADES. (noviembre de 2015). *Proporción de territorio continental bajo conservación o manejo ambiental*. Obtenido de [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/DOCUMENTOS\\_PNBV/Obj%207/Meta/7.1%20Proporci%C3%B3n%20de%20territorio%20continental%20bajo%20conservaci%C3%B3n%20o%20manejo%20ambiental.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/DOCUMENTOS_PNBV/Obj%207/Meta/7.1%20Proporci%C3%B3n%20de%20territorio%20continental%20bajo%20conservaci%C3%B3n%20o%20manejo%20ambiental.pdf)
- SENPLADES. (1 de mayo de 2016). *Metas del Plan Nacional del Buen Vivir 2013 - 2017*. Obtenido de [http://www.buenvivir.gob.ec/pnbv-popup/-/asset\\_publisher/B9gE/content/meta7-1](http://www.buenvivir.gob.ec/pnbv-popup/-/asset_publisher/B9gE/content/meta7-1)
- Shannon, C. (1948). A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 379-423.
- Shaw, D., Scully, J., & Hart, T. (2014). The paradox of social resilience: How cognitive strategies and coping mechanisms attenuate and accentuate resilience. *Global Environmental Change*, 194-203.
- Sherrieb, K., Norris, F., & Galea, S. (2010). Measuring Capacities for Community Resilience. *Social indicators research*, 227-247.
- Simmie, J., & Martin, R. (2010). The economic resilience of regions: towards an evolutionary approach. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 27-43.
- Sinclair, V., & Wallston, K. (2004). The development and psychometric evaluation of the Brief Resilient Coping Scale. *Assessment*, 94-101.
- Singh-Peterson, L., Salmon, P., Goode, N., & Gallina, J. (2014). Translation and evaluation of the Baseline Resilience Indicators for Communities on the Sunshine Coast, Queensland Australia. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 116-126.
- Sistema Nacional de Información. (3 de mayo de 2016). *Información para la planificación y el ordenamiento territorial*. Obtenido de <http://sni.gob.ec/web/inicio/descargapdyot>
- Skerratt, S. (2013). Enhancing the analysis of rural community resilience: Evidence from community land ownership. *Journal of Rural Studies*, 36-46.
- Smit, B., & Wandel, J. (2006). Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global environmental Change*, 282-292.
- Snooks, G. D. (2008). A General Theory of Complex Living Systems: Exploring the Demand Side of Dynamics. *Wiley InterScience*, 12-20.
- Solana, J. L. (2011). El Pensamiento Complejo de Edgar Morin. Críticas, incomprendiones y revisiones necesarias. *Gazeta de Antropología*, 1-18.
- Solberg, S., Hale, D., & Juan, B. (2003). *Natural Disaster Management and the Road Network in Ecuador: Policy Issues and Recommendations*. Washington: Inter American Development Bank.



- Sotarauta, M., & Srinivas, S. (2006). Co-evolutionary policy processes: Understanding innovative economies and future resilience. *Futures*, 312-336.
- Sotólogo, P., & Delgado, C. (2006). *La revolución contemporánea del saber y la complejidad social. Hacia unas ciencias sociales de un nuevo tipo*. Buenos Aires: CLACSO.
- Stacey, R. D. (2008). The Science of complexity: An Alternative Perspective for Strategic Change Processes. *Strategic Management Journal*, 477-495.
- Stahle, N., Nilson, S., & Lindblom, P. (1988). *From Vision to actions, Science and Global Development*. Toronto: IFIAS.
- Stark, D. (2014). On Resilience. *Social Sciences*, 60-70.
- Sterbenz, J., Hutchison, D., Centinkaya, E., Jabbar, A., Rohrer, J., Schöller, M., & Smith, P. (2010). Resilience and survivability in communication networks: Strategies, principles, and survey of disciplines. *Computers Networks*, 1245-1265.
- Stolker, R., Karydas, D., & Rouvroye, J. (2008). A comprehensive approach to assess operational resilience. *Proceedings of the third resilience engineering symposium*, 247-253.
- Strickland-Munro, J. K., Allison, H. E., & Moore, S. A. (2010). Using Resilience Concept to Investigate the Impacts of Protected Area Tourism on Communities. *Annals of Tourism Research*, 499-519.
- Swanstrom, T. (2008). Regional Resilience: A Critical Examination of the Ecological Framework. *Institute of Urban and Regional UC Berkeley*, 1-34.
- Szabó, P., & Meszéna, G. (2006). Spatial Ecological Hierarchies: Coexistence on Heterogeneous Landscapes via Scale Niche Diversification. *Ecosystems*, 1009-1016.
- Tadic, D., Aleksic, A., Stefanovic, M., & Arsovski, S. (2014). Evaluation and Ranking of Organizational Resilience Factors by Using a Two-Step Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS. *Mathematical Problems in Engineering*, 1-13.
- Taylor, R., Forrester, J. P., & Matin, N. (2014). Methods for integrative research on community resilience to multiple hazards, with examples from Italy and England. *Procedia Economics and Finance*, 255-262.
- Tejada, M., Navas, F., G. M., & Kruse, E. (2009). Indicadores espaciales para el estudio de la artificialización y la resiliencia en la costa de Buenos Aires (Argentina). En J. Mas-PLa, & G.-M. Zuppi, *Gestión Ambiental Integrada de las Áreas Costeras* (págs. 265-278). España: Rubes Editorial.
- The Heinz Center . (2002). *Human links to coastal disasters*. Washintong DC: The H. John Heinz III Center for Science, Economics and the Environment.
- Thom, R. (1985). *Parábolas y Catástrofes*. Barcelona : Tusquets.
- Thom, R. (1990). *Apologie du logos*. París: Hachette.
- Tierney, K. (1997). Impacts of Recent Disasters on Businesses: The 1993 Midwest Floods and the 1994 Northridge Earthquake. En B. Jones, *Economic Consequences of Earthquakes: Preparing for the Unexpected*. (págs. 189 - 222). Buffalo: National Center for Earthquake Engineering Research.
- Tierney, K., & Bruneau, M. (2007). Conceptualizing and Measuring Resilience. A key to disaster loss reduction. *TR News*, 14-18.
- Tierney, K., Lindell, M., & Perry, R. (2001). *Facing the Unexpected: Disaster Preparedness and Response in the United States*. Washington, DC: Joseph Henry Press.
- Tobin, G. (1999). Sustainability and community resilience: the holy grail of hazards planning? *Environmental Hazards*, 13-25.
- Tobin, G., & Whiterford, L. (2002). Community resilience and volcano hazard: the eruption of Tungurahua and evacuation of the faldas in Ecuador. *Disasters*, 28-48.
- Tobin, G., Whiterford, L., Jones, E., Murphy, A., Garren, S., & Vindrola, C. (2011). The role of individual well-being in risk perception and evacuation for chronic vs. acute natural hazards in Mexico. *Applied Geography*, 700-711.
- Todd, Z., Nerlich, B., McKeown, S., & Clarke, D. (2004). Introduction . En Z. Todd, B. Nerlich, S. McKeown, & D. Clarke, *Mixing Methods in Psychology* (págs. 3-16). New York: Psychology Press.
- Tourism & Leisure. (2007). *Plandetur 2020*. Quito: Ministerio de Turismo .
- Tsai, C.-H., & Chen, C.-W. (2011). The establishment of a rapid natural disaster risk assessment model for the tourism industry. *Tourism Management*, 158-171.
- Turner II, B. (2010). Vulnerability and resilience: Coalescing or paralleling approaches for sustainability science? *Global Environmental Change*, 570-576.
- Turner, B. L., Kasperson, R. E., Matson, P., McCarthy, J. J., Corell, R. W., Christensen, L., . . . Schiller, A. (2003). A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 8074-8079.
- Tyrrell, T. J., & Johnston, R. J. (2008). Tourism sustainability, resiliency and dynamics: Towards a more comprehensive perspective. *Tourism and Hospitality Research*, 14-24.

- United Nations. (2008). *Handbook on the Least Developed Country Category: Inclusion, graduation and special support measures*. New York: United Nations Publishing Section.
- UNU-EHS. (2016). *World Risk Report*. Tokyo: United Nations University.
- UNWTO. (2011). *Policy and Practice for Global Tourism*. Madrid: UNWTO World Tourism Organization.
- Uy, N., Takeuchi, Y., & Shaw, R. (2011). Local adaptation for livelihood resilience in Albay, Philippines. *Environmental Hazards*, 139-153.
- Vale, L., & Campanella, T. (2006). *The Resilient City*. New York: Oxford University Press.
- Van Apeldoorn, D. F., Kok, K., Sonneveld, M. P., & Veldkamp, T. (2011). Panarchy Rules : Rethinking Resilience of Agroecosystems , Evidence from Dutch Dairy-Farming . *Ecology and Society* , <http://www.ecologyandsociety.org/vol16/iss1/art39/>.
- Villasante, L. (2011). Relaciones entre la economía, la co-adaptabilidad y la resiliencia de los ecosistemas marinos. *Revista Galega de Economía*, 1-25.
- Vogel, C., Moser, S. C., Kasperson, R. E., & Dabelko, G. D. (2007). Linking vulnerability, adaptation, and resilience science to practice: Pathways, players, and partnerships. *Global Environmental Change*, 349-364.
- Walker, B. (1992). Biodiversity and ecological Redundancy. *Conservation Biology*, 18-23.
- Walker, B. (1995). Conserving biological diversity through ecosystem resilience. *Conservation Biology*, 747-752.
- Walker, B., & Salt, D. (2012). *Resilience Practice. Building Capacity to Absorb Disturbance and Maintain Function*. Washington DC: Island Press.
- Walker, B., Carpenter, S., Anderies, J., Abel, N., Cumming, G., Janssen, M., . . . Pritchard, R. (2002). Resilience Management in Social-ecological Systems : a Working Hypothesis for a Participatory Approach. *Conservation Ecology*, <http://www.consecol.org/vol6/iss1/art14>.
- Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S., & Kinzig, A. (2004). Resilience , Adaptability and Transformability in Social – ecological Systems. *Ecology and Society*.
- Walker, B., Salt, D., & Reid, W. (2006). *Resilience Thinking*. Washintong, DC: Island Press.
- Wallerstein, I. (1991). *Unthinking Social Science*. Cambridge: Polity Press & Basil Blackwell.
- Walters, C., & Holling, C. (1990). Large-Scale Management Experiments and Learning by Doing . *Ecology*, 2060-2068.
- Wang, S.-H., Huang, S.-L., & Budd, W. W. (2012). Resilience analysis of the interaction of between typhoons and land use change. *Landscape and Urban Planning*, 303-315.
- Warner, K. (2011). Environmental change and migration: methodological considerations from ground-breaking global survey. *Population and Environment*, 3-27.
- Weaver, W. (1948). Science and Complexity. *American Scientist*(36), 536-544.
- Whiteford, L., Tobin, G., Vindrola-Padros, C., & Laspina, C. (2013). We have to think about the children: parenting responses in chronic natural disasters . *Emergency Management*, 59-75.
- Wiener, N. (1954). *The human use of human beings: Cybernetics and Society*. Boston: Houghton Mifflin.
- Wilches-Chaux, G. (2007). *¿Qu-ENOS pasa? Guía de la res para la gestión radical de riesgos asociados con el fenómeno ENOS*. Bogotá: ARFO.
- Wilson, E. (1992). *The diversity of life*. Cambridge, Masaachusetts, USA: Belknap.
- Wilson, G. (2012). Community resilience, globalization, and transitional pathways of decision-making. *Geoforum*, 1218-1231.
- Windle, G., Bennett, K., & Noyes, J. (2011). A methodological review of resilience measurement scales. *Health and quality of life outcomes*, [www.hqlo.com/content/9/1/8](http://www.hqlo.com/content/9/1/8).
- Winer, N. (1948). *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*. USA: MIT.
- Xu, Z. (2004). A method based on linguistic aggregation operators for group decision making with linguistic preference relations. *Information Sciences*, 19-30.
- Zaccarelli, N., Irene, P., Zurlini, G., & Hans-Riitters, K. (2008). Source/Sink Patterns of Disturbance and Cross-Scale Mismatches in a Panarchy of Social-Ecological Landscapes. *Ecology and Society*, <http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss1/art26/>.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control* , 338-353.
- Zapata, J., Arango, M., & Adarme, W. (2012). Applying fuzzy extended analytical hierarchy (FEAHP) for selecting logistics software. *Ingeniería e Investigación*, <http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v32n1/v32n1a17.pdf>. Recuperado el 5 de mayo de 2015, de [http://www.bdigital.unal.edu.co/5514/19/91068411.2011.Anexo\\_3.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/5514/19/91068411.2011.Anexo_3.pdf)
- Zhu, K.-J., Jing, Y., & Chang, D.-Y. (1999). A discussion on Extent Analysis Method and applications of fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, 450-456.

- Zimmermann, H. (1978). Fuzzy programing and linear programming with several objective functions. *Fuzzy Sets and Systems*, 45-55.
- Zobel, C., & Khansa, L. (2014). Characterizing multi-event disaster resilience . *Computers and Operations Research*, 83-94.



## **ANEXOS**





## ANEXO A

### ENCUESTA PARA EL ANÁLISIS DE LA RESILIENCIA ECONÓMICA DE LAS EMPRESAS DEL CANTÓN BAÑOS

RUTA
------

CÓDIGO
--------

#### INFORMACIÓN GENERAL

1. Nombre del establecimiento:

2. Dirección del establecimiento:

3. ¿Cuál es el año de constitución del establecimiento?

4. ¿Cuál es su actividad principal?

5. Tiempo que el propietario de la empresa/negocio vive en la ciudad de Baños:

6. Rango de edad del propietario de la empresa/negocio

- a) De 18 a 25 años ☐
- b) De 26 a 35 años ☐
- c) De 36 a 59 ☐
- d) Más de 60 ☐

7. Género del propietario/gerente

- a) Masculino ☐ b) Femenino ☐

8. ¿Cuál es la forma del establecimiento?

- a) Empresa de persona natural ☐
- b) Institución sin fines de lucro ☐
- c) Institución o empresa privada ☐
- d) Empresa de control extranjero ☐
- e) Asociación ☐

9. Si pertenece a una asociación o gremio ¿de qué tipo es?

- a) Cooperativa ☐
- b) Asociación o gremio ☐
- c) Cámara de comercio ☐
- d) Cámara de industrias ☐
- e) Cámara de la producción ☐
- f) No pertenece a ninguno ☐
- g) Otro: ☐

#### RESILIENCIA

10. Considerando las siguientes opciones, durante la crisis generada por la erupción del volcán Tungurahua, en caso de haber requerido apoyo para su empresa/negocio ¿a quién acudió?

	SI	NO
a) Instituciones financieras públicas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b) Instituciones financieras privadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c) Asociaciones o gremios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
d) Amigos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
e) Familiares	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
f) Venta de bienes propios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
g) Otros especifique _____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

11. ¿Cuál considera usted que es el grado de afectación del volcán Tungurahua a la actividad económica de su ciudad?

Muy alto ☐ Alto ☐ Bajo ☐ Muy bajo ☐

12. ¿Cuál de los siguientes efectos generados por la erupción del volcán Tungurahua, considera usted son los de mayor impacto? Califique como 1 al de mayor impacto y 4 al de menor impacto.

- a) Afectación a la salud ☐
- b) Afectación económica ☐
- c) Afectación emocional ☐
- d) Afectación a la naturaleza ☐

13. ¿Qué tan de acuerdo o en desacuerdo está frente a las siguientes afirmaciones acerca de las razones por las cuales Baños continúa desarrollándose a pesar de las erupciones del volcán Tungurahua?

	Muy de acuerdo	De acuerdo	En desacuerdo	En total desacuerdo
a) La organización de la población	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b) El apoyo de las instituciones del estado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c) El apoyo de organismos no gubernamentales (fundaciones, ONG'S)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
d) La fe religiosa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
e) El apego sentimental a la tierra	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
f) Necesidad económica de la población	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
g) No tiene otras opciones donde reubicarse	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
h) Otra (especifique)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

14. En el caso de desastres naturales, su nivel de confianza respecto a las siguientes instituciones es:

	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo	No responde
a) Iglesia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b) Gobierno cantonal (municipio)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c) Policía	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
d) Bomberos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
e) Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
f) Fuerzas Armadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
g) La comunidad	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



15. ¿Cómo evaluaría las siguientes características del empresario baneño?

	Muy alta	Alta	Baja	Muy baja
Capacidad de adaptación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Capacidad de aprendizaje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Capacidad de resistir	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Flexibilidad	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Capacidad de colaboración	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

16. ¿Su empresa cuenta con un plan de emergencia en caso de enfrentar desastres naturales?

SI ☐ NO ☐

17. ¿Su negocio ha participado en simulacros de emergencias?

SI ☐ NO ☐

18. ¿Conoce usted el plan de mitigación de riesgos para Baños?

SI ☐ NO ☐

19. ¿Cuál considera usted que es el grado de preparación que tiene su negocio frente a un desastre natural?

Muy alto ☐ Alto ☐ Bajo ☐ Muy bajo ☐

### PERCEPCIÓN DE RIESGO

20. ¿Qué tan de acuerdo o desacuerdo está usted respecto de las siguientes afirmaciones?

	Muy de acuerdo	De acuerdo	En desacuerdo	En total desacuerdo
a) El volcán Tungurahua trajo desgracias	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b) El volcán Tungurahua generó nuevas oportunidades	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c) El volcán Tungurahua me ha sido indiferente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

21. Respecto a la situación económica de su negocio/empresa luego del inicio de la actividad volcánica del Tungurahua; considera que ésta:

Mejóro mucho ☐ Empeoró poco ☐  
Mejóro poco ☐ Empeoró mucho ☐

22. Considera a usted que durante el proceso eruptivo del volcán Tungurahua, su negocio

a) Ha crecido considerablemente	<input type="radio"/>
b) Ha tenido un crecimiento moderado	<input type="radio"/>
c) Se ha mantenido igual	<input type="radio"/>
d) Ha decrecido	<input type="radio"/>
e) Ha decrecido considerablemente	<input type="radio"/>

Considera usted que la ciudad de Baños le brinda oportunidades para desarrollarse económicamente

SI ☐ NO ☐

**23. Determine el nivel de importancia que los siguientes problemas han generado en su empresa/negocio, las erupciones del volcán Tungurahua.**

	Muy importante	Importante	Poco importante	Nada importante
a) Pérdida de servicios básicos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b) Pérdida de clientes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c) Problemas con los proveedores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
d) Falta de financiamiento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
e) Otro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### INNOVACIÓN

**24. En respuesta a la crisis generada por el volcán Tungurahua su negocio:**

	SI	NO
a) Realizó mejoras y/o correcciones el producto o servicio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b) Generó nuevos producto o servicios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c) Realizó cambios en su organización administrativa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
d) Realizó mejoras en el proceso de comercialización	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**25. Puede mencionar la principal mejora:**

**26. Estas innovaciones/mejoras han sido realizadas por:**

	SI	NO
a) Principalmente su empresa/negocio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b) Su empresa junto con otras empresas o instituciones	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c) Otras empresas u organizaciones	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
d) El gobierno local (municipio, junta parroquial)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
e) El gobierno central	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**27. ¿Qué es lo que le obliga a innovar (cambiar y mejorar) es su empresa/negocio?**

	SI	NO
a) Las exigencias del cliente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b) La competencia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c) Disminuir los costos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
d) Las tendencias del mercado (modas y tendencias)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
e) Cambios tecnológicos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
f) Mejora del medio ambiente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
g) Los problemas y riesgos ambientales en Baños	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
h) Otro (especifique)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**28. Los cambios/mejoras que ha realizado en su empresa han sido:**

	SI	NO
a) Utilizando ideas de otros negocios que las adaptó a su empresa.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b) Ideas nuevas para Baños, pero que en otros lugares han dado buenos resultados.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c) Ideas nuevas que no existen en Baños ni en otros lugares.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**29. En respuesta al comportamiento de clientes durante las etapas más críticas de la erupción del volcán Tungurahua, su empresa:**

	SI	NO
a) Cambió la calidad de su producto o servicio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b) Incrementó los gastos en marketing	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c) Introdujo nuevos productos/servicios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
d) Cambió el precio de sus productos/servicios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
e) Cambió de línea de negocio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
f) Otros	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**IDENTIDAD TERRITORIAL**

**30. Qué tan cercano se siente respecto a:**

	Muy cercano	Cercano	Poco cercano	Nada cercano
a) Su ciudad de nacimiento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b) La ciudad de Baños	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c) Su provincia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
d) Su país	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**31. Algunas personas dicen que las siguientes afirmaciones son importantes en la identidad de un Baneño, otras dicen que no son tan importantes. ¿Qué tan importantes son para usted?**

	Muy importante	Importante	No muy importante	No es importante	No puedo seleccionar
a) Haber nacido en Baños	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b) Haber vivido en Baños la mayor parte de su vida	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c) Ser católico/cristiano practicante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
d) Respetar las leyes e Instituciones de la ciudad	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
e) Sentirse Baneño	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
f) Tener ancestros Baneños	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**32. ¿Qué tan de acuerdo o en desacuerdo está usted sobre las siguientes afirmaciones?**

	Totalmente de acuerdo	De Acuerdo	No tan de acuerdo	En desacuerdo	No puedo seleccionar
a) Prefiero ser Baneño que de otra ciudad.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b) Hay algunas cosas acerca de Baños hoy, que me hacen sentir vergüenza de esta ciudad	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c) El Ecuador sería un lugar mejor si la gente de otras ciudades sería como el Baneño.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
d) En términos generales, Baños es una ciudad mejor que el resto de ciudades ecuatorianas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
e) La gente debería apoyar a su ciudad, incluso si su ciudad se encuentra mal.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
f) A menudo se siente menos orgulloso de Baños de lo que me gustaría estar.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**33. ¿Qué tan orgulloso está usted de Baños en los siguientes puntos?**

	Muy orgulloso	Orgulloso	No tan orgulloso	No estoy orgulloso	No puedo seleccionar
a) Sus logros económicos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b) Su capacidad de organización ciudadana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c) Su sistema de prevención de riesgos respecto al Volcán Tungurahua	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
d) Sus autoridades cantonales	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
e) Sus autoridades del gobierno central	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
f) Sus infraestructura (vialidad, educación, salud, servicios básicos)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
g) Su historia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**34. ¿Qué tan orgulloso se siente usted de vivir en Baños?**

Está muy orgulloso ☐ No tan orgulloso ☐



## ANEXO B

### ENCUESTA PARA EL ANÁLISIS DE LA RESILIENCIA COMUNITARIA EN EL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA

- La encuesta está dirigida al representante (jefe de hogar) del estudiante sea padre o madre.
- Responda con sinceridad a las preguntas que a continuación se plantean; ya que la información proporcionada será de gran importancia para nuestro objetivo.
- Los resultados de la encuesta serán analizados con absoluta reserva.
- Marque con una “X” sus respuestas.

**1. Nombre del establecimiento educativo.**

---

**2. Indique las actividades laborales que realizan los integrantes de la familia y el % con el que contribuyen al ingreso familiar.**

Integrante del hogar	Detalle de la actividad laboral*	% de contribución al ingreso familiar (debe sumar 100%)
Jefa o jefe de hogar		
Conyugue		
Hijo/hija		
Hijo/hija		
Hijo/hija		
Hijo/hija		
Otro integrante, especificar		

\* El detalle de la actividad laboral, debe indicar con claridad qué actividad económica desempeña, por ejemplo: maestro, transportista, comerciante, médico, etc.

**7. ¿Cuál es su nivel educativo? (Seleccionar el más alto que ha obtenido)**

Básica ( )      Universitario ( )  
 Bachiller ( )      Posgrado ( )

**8. ¿En qué tipo de vivienda, vive su familia?**

Propia, totalmente pagada ( )  
 Propia y la está pagando ( )  
 Regalada, donada, heredada o posesión ( )  
 Prestada o cedida ( )  
 Por servicios ( )  
 Arrendada ( )  
 Anticresis ( )

**9. ¿Qué porcentaje de su ingreso? Usted lo destina a:**

ITEM	% (El total debe sumar 100%)
Alimentación	
Vivienda	
Salud	
Educación	
Transporte	
Vestimenta	
Actividades recreativas	

**3. ¿Qué tiempo vive usted en Baños?**

---

**4. ¿Qué edad tiene usted?**

Menos de 26 ( )      De 45 a 49 años ( )  
 De 26 a 34 años ( )      Más de 49 años ( )  
 De 40 a 44 años ( )

**5. ¿Seleccione su género?**

Masculino ( )  
 Femenino ( )

**6. Seleccione su estado civil**

Soltero ( )      Divorciado ( )  
 Casado ( )      Unión libre ( )  
 Viudo ( )

**10. Participe activamente en agrupaciones ciudadanas en la ciudad de Baños, marque con una X en la categoría que corresponda: (puede escoger varias)**

Fundaciones	
Iglesia	
Comités barriales	
Comités de seguridad	
Asociaciones	
Clubes	
Otros (especifique)	
Ninguno	

A continuación se presenta 33 afirmaciones, (de la pregunta 11 a la 43), marque la casilla que indique mejor con cuánta precisión una afirmación describe su personalidad.

**11. Cuando algo imprevisto sucede:**

Siempre encuentro una solución	_____	Frecuentemente me siento desconcertado	_____
--------------------------------	-------	--	-------

**12. Mis problemas personales**

No se pueden solucionar	_____	Si se cómo solucionarlos	_____
-------------------------	-------	--------------------------	-------

**13. En mis habilidades**

Confío fuertemente	_____	Desconfío fuertemente	_____
--------------------	-------	-----------------------	-------

**14. De mis juicios y decisiones**

Frecuentemente dudo	_____	Confío completamente	_____
---------------------	-------	----------------------	-------

**15. En tiempos de dificultad yo tiendo a:**

Ver todo de forma pesimista	_____	Encontrar algo bueno para prosperar	_____
-----------------------------	-------	-------------------------------------	-------

**16. Los eventos en mi vida que no puedo influir**

Me acostumbro a vivir con ellos	_____	Son una fuente constante de preocupación	_____
---------------------------------	-------	--	-------

**17. Mis planes para el futuro son:**

Difíciles de lograr	_____	Posibles de lograr	_____
---------------------	-------	--------------------	-------

**18. Mis metas para el futuro:**

Sé cómo alcanzarlas	_____	No sé cómo alcanzarlas	_____
---------------------	-------	------------------------	-------

**19. Siento que mi futuro parece ser:**

Muy prometedor	_____	Muy incierto	_____
----------------	-------	--------------	-------

**20. Mis metas para el futuro son:**

Totamente inciertas	_____	Muy definidas	_____
---------------------	-------	---------------	-------

**21. Me encuentro en mi mejor momento cuando:**

Tengo un objetivo claro por el cual esforzarme	_____	Vivo un día a la vez	_____
--	-------	----------------------	-------

**22. Cuando empiezo un nuevo proyecto**

Nunca acostumbro a planificarlo previamente	_____	Siempre lo planifico previamente	_____
---	-------	----------------------------------	-------

**23. Soy bueno en:**

Organizar mi tiempo	_____	Perder el tiempo	_____
---------------------	-------	------------------	-------

**24. Las reglas y rutinas regulares en mi vida son:**

Están ausentes en mi vida	_____	Simplifican toda mi vida	_____
---------------------------	-------	--------------------------	-------

**25. Disfruta estar:**

Junto con varias personas	_____	Completamente solo	_____
---------------------------	-------	--------------------	-------

**26. Ser flexible en entornos sociales:**

No es importante para mí	_____	Es realmente importante para mí.	_____
--------------------------	-------	----------------------------------	-------

**27. Las nuevas amistades lo logro con:**

Mucha facilidad	_____	Con dificultad	_____
-----------------	-------	----------------	-------

**28. Conocer gente nueva para mí es:**

Muy dificultoso	_____	Algo en lo que soy bueno	_____
-----------------	-------	--------------------------	-------

**29. Cuando me encuentro con otros:**

Sonrío fácilmente	_____	Rara vez sonrío	_____
-------------------	-------	-----------------	-------

**30. Para mí, pensar en buenos temas de conversación me resulta:**

Difícil	_____	Fácil	_____
---------	-------	-------	-------

**31. Lo que para mi familia es importante en la vida:**

Es muy diferente a lo que es para mí	_____	Muy similar a lo que es para mí	_____
--------------------------------------	-------	---------------------------------	-------

**32. Yo me siento:**

Muy feliz con mi familia	_____	Nada feliz con mi familia	_____
--------------------------	-------	---------------------------	-------

**33. Mi familia se caracteriza por estar:**

Junto con varias personas	_____	Completamente solo	_____
---------------------------	-------	--------------------	-------

**34. En periodos de dificultad, mi familia:**

Mantiene una visión positiva del futuro	_____	Mantiene una visión negativa del futuro	_____
---	-------	---	-------

**35. Frente a otras familias, mi familia es:**

Nada solidaria	_____	Siempre solidaria	_____
----------------	-------	-------------------	-------

**36. En mi familia nos gusta:**

Hacer cosas por nuestra cuenta	_____	Hacer las cosas juntos	_____
--------------------------------	-------	------------------------	-------

**37. Puedo discutir asuntos personales con:**

Nadie	_____	Amigos/miembros familiares	_____
-------	-------	----------------------------	-------

**38. Aquellos que son buenos para alentarme son:**

Amigos cercanos / Miembros familiares	_____	Nadie	_____
---------------------------------------	-------	-------	-------

**39. Los vínculos entre mis amigos son:**

Fuertes \_ \_ \_ \_ \_ Débiles

**40. Cuando un familiar experimenta una crisis/emergencia.**

Estoy informado de inmediato \_ \_ \_ \_ \_ Tardo bastante antes de informarme

**41. Tengo el apoyo de:**

Amigos / miembros familiares \_ \_ \_ \_ \_ Nadie

**42. Cuando necesito ayuda:**

No tengo a nadie que me ayude \_ \_ \_ \_ \_ Siempre tengo a alguien que me ayude

**43. Mis amigos y miembros de mi familia más cercanos.**

Aprecian mis cualidades \_ \_ \_ \_ \_ No aprecian mis cualidades

**44. Frente a una tragedia personal o familiar, usted acude por ayuda a: (orden las opciones por prioridades siendo 1 la más importante y 4 la menos importante)**

Dios ( ) Profesionales especialistas ( )  
Familia ( ) Amigos ( )

**45. ¿Qué tan importante considera los siguientes factores al momento de desarrollar su capacidad para hacer frente a desastres naturales?**

	Muy importante	Importante	Poco importante	Nada importante
Infraestructura				
Educación				
Recursos económicos				
Apoyo del gobierno				
Apoyo comunitario				
Capacidad de comunicación				
Experiencia previa				

**46. La erupción del volcán Tungurahua, usted considera que ha sido por: (puede escoger varias opciones)**

Determinada por Dios ( )  
Determinada por los ciclos de la naturaleza ( )  
Determinada por la influencia del hombre ( )

**47. ¿Cuál considera usted que es el grado de afectación del volcán Tungurahua a la actividad económica de su ciudad?**

Muy alto ( ) Bajo ( )  
Alto ( ) Muy bajo ( )

**48. ¿Cuál de los siguientes efectos generados por el volcán Tungurahua, considera usted son los de mayor impacto? Califique como 1al de mayor impacto y 4 al de menor impacto.**

Afectación a la salud ( ) Afectación emocional ( )

Afectación económica ( ) Afectación a la naturaleza ( )

**49. ¿Qué tan de acuerdo o en desacuerdo está usted frente a las siguientes afirmaciones acerca de las razones por las cuales Baños continúa desarrollándose a pesar de las erupciones del volcán Tungurahua?**

	Muy de acuerdo	De acuerdo	En desacuerdo	En total desacuerdo
La organización de la población.				
El apoyo de las instituciones del estado.				
El apoyo de organismos no gubernamentales. (Fundaciones, ONG's)				
La fe religiosa				
El apego sentimental a la tierra				
Necesidad económica de la población				
No tiene otras opciones donde reubicarse.				
Otra (especifique)				

**50. ¿Qué tan de acuerdo o en desacuerdo está usted respecto de las siguientes afirmaciones?**

	Muy importante	Importante	Poco importante	Nada importante
El volcán Tungurahua trajo desgracias.				
El volcán Tungurahua generó nuevas oportunidades				
El volcán Tungurahua me ha sido indiferente				



51. En el caso de desastres de origen natural, su nivel de confianza respecto a las siguientes instituciones es:

	Muy alto	Alto	Bajo	Muy bajo
Iglesia				
Gobierno cantonal (municipio)				
Policía				
Bomberos				
Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos				
Fuerzas Armadas				
La comunidad				

52. ¿Su familia cuenta con un plan de emergencias en caso de enfrentar desastres de origen natural?

SI ( ) NO ( )

53. ¿Usted o su familia han participado en simulacros de emergencias por desastres de origen natural?

SI ( ) NO ( )

54. ¿Conoce usted el plan de mitigación de riesgos para Baños?

SI ( ) NO ( )

55. ¿Cuál considera usted que es el grado de preparación que tiene su familia frente a un desastre de origen natural?

Muy alto ( ) Bajo ( )

Alto ( ) Muy bajo ( )

56. ¿Qué tan orgulloso está usted de Baños en los siguientes puntos?

	Muy orgulloso	Orgulloso	No estoy orgulloso	No estoy orgulloso
Sus logros económicos				
Su capacidad de organización ciudadana				
Su sistema de prevención de riesgos respecto del Tungurahua				
Sus autoridades cantonales				
Sus autoridades del gobierno central				
Su infraestructura (vialidad, educación, salud, servicios básicos)				
Su historia				

57. ¿Qué tan orgulloso se siente usted de vivir en Baños?

Muy orgulloso ( ) No tan orgulloso ( )

Orgulloso ( ) No está orgulloso ( )

## ANEXO C

### ENCUESTA PARA EL ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD EMPRENDEDORA EN EL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA

- La encuesta se orientaría a propietarios de negocios/empresas que mantienen su actividad económica por más de 10 años. Se toma como referencia las encuestas realizadas al sistema económico de Baños de Agua Santa.
- Responda con sinceridad a las preguntas que a continuación se plantean; ya que la información proporcionada será de gran importancia para nuestro objetivo.
- Los resultados de la encuesta serán analizados con absoluta reserva.
- Marque con una “X” sus respuestas.

**1. Nombre del establecimiento**

---

**2. Dirección del establecimiento**

---

**2.1 Código de relación con encuesta de resiliencia del sistema empresarial:**

---

**3. ¿Cuántas personas incluyéndose a usted componen su hogar actualmente?**

---

**4. ¿Cuál es el nivel educativo/estudios más alto que ha completado usted?**

Primaria ( )

Secundaria ( )

Tercer nivel ( )

Cuarto nivel ( )

No responde ( )

**5. ¿Cuál es su estado civil?**

Soltero/a ( )

Casado/a ( )

Viudo/a ( )

Divorciado/a ( )

Unión libre ( )

**6. ¿Cuál fue la razón por la que se involucró en este negocio?**

Aprovechar una oportunidad de negocio	
No tenía mejores opciones de trabajo	
Una combinación de las opciones anteriores	
Tenía un trabajo pero busco mejores oportunidades	
Otros _____	

**7. ¿Cuál de las siguientes opciones piensa usted, qué fue la más importante para perseguir esta oportunidad de trabajo?**

Mayor independencia	
Aumentar sus ingresos personales	
Mantener sus ingresos actuales	
Ninguno de los anteriores	
Otros _____	

**8. En la siguiente tabla se encuentran diferentes acciones, indique que tan de acuerdo o desacuerdo, se encuentra usted con estos literales que son tomados como la principal motivación para crear una empresa/negocio. Utilizando la escala propuesta.**

	Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Neutro	De acuerdo	Muy de acuerdo
Independencia personal					
Conseguir su patrimonio					
Insatisfacción de la ocupación anterior					
Dificultad de encontrar trabajo					
Tradición familiar					
Crear algo propio					

9. La valoración social del empresario comprende identificar el apoyo que recibe de la sociedad y su medio. Del siguiente recuadro marque con un X el grado de acuerdo o desacuerdo que usted identifica en las siguientes opciones. Utilizando la siguiente escala.

	Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Neutro	De acuerdo	Muy de acuerdo
Su familia valora la actividad empresarial por encima de otras.					
Sus amigos valoran la actividad empresarial por encima de otras.					
La cultura del país es muy favorable a la actividad empresarial.					
Muchas personas consideran poco aceptable ser empresario.					
Se tiende a pensar que los empresarios se aprovechan de los demás.					
El papel del empresario es la economía está poco reconocido.					
Se considera que la actividad empresarial vale la pena, pese a los riesgos.					
Los empresarios representan una pérdida para la sociedad.					



## ANEXO D

### MODELO DE ENTREVISTA A EXPERTOS PARA ANÁLISIS *FUZZY AHP*

**Temática: Análisis multidimensional de la resiliencia en zonas de desastre**

**Institución:** Universidad Santiago de Compostela (España), Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE (Ecuador)

**Entrevistado:**

**Actividad:**

**Institución:**

**E-mail:**

**Fecha:**

**Hora:**

#### **Introducción**

Entendida la resiliencia como la capacidad dinámica de aprendizaje y adaptabilidad de un sistema regional (comunidad, ciudad, región, país, etc.) que se auto-organiza sin cambiar sus funciones esenciales, en respuesta al impacto de shocks internos y externos (catástrofes naturales: erupciones volcánicas, terremotos, inundaciones, etc.), permitiendo la innovación, el desarrollo y la evolución.

Se han identificado 8 perspectivas de análisis: económica – regional, económica – empresarial, socio – regional, socio – comunitaria, ecológica, institucional, infraestructura y experiencial.

**Perspectiva económica – regional:** Considera criterios relacionadas con las características económicas de un sistema regional con excepción del sistema empresarial. Los criterios que son parte de esta perspectiva se relacionan con estructura económica renta y consumo, impuestos, inflación, propiedad de la vivienda, etc.

**Perspectiva económica – empresarial:** Considera criterios relacionados con las características del sistema empresarial de la región. Los criterios que son parte de esta perspectiva se relacionan con emprendimiento, ambiente empresarial, logística, estructura económica empresarial, etc.

**Perspectiva socio – regional:** Considera criterios relacionados con las características sociales de un sistema regional con excepción de los sistemas comunitarios. Los criterios que son parte de esta perspectiva se relacionan con la estructura social de la población como educación, demografía, necesidades sociales, identidad, salud, etc.

**Perspectiva socio – comunitaria:** considera criterios relacionados con las características de los sistemas comunitarios. Los criterios que son parte de esta perspectiva se relacionan con los comportamientos colectivos frente a las instituciones y las redes sociales.

**Perspectiva ecológica:** Considera criterios relacionados con las características ecológicas de la región. Los criterios que son parte de esta perspectiva se relacionan con la vulnerabilidad natural, biodiversidad y sistema agrícola.

**Perspectiva institucional:** Considera criterios relacionados con las características de las instituciones que participan en la gestión de riesgos en el sistema regional. Los criterios que son parte de esta perspectiva se relacionan con la percepción de la población frente a estas instituciones y las actividades que desarrollan éstas frente a la prevención y tratamiento de los desastres.

**Perspectiva de infraestructura:** Considera criterios relacionados con la infraestructura presente en el sistema regional y que es considerada como vital para la población. Los criterios que son parte de esta perspectiva se relacionan con infraestructura de servicios básicos, sistemas de alerta, planificación urbana, comunicaciones, etc.

**Perspectiva experiencial:** Considera criterios relacionados con la experiencia que tiene la población de un sistema regional frente a un desastre. Los criterios que son parte de esta perspectiva se relacionan con la percepción de la población frente al riesgo, su experiencia previa frente a catástrofes, etc.

Considerando lo expuesto, por favor puede contestar los siguientes planteamientos.

1. Entre la perspectiva económica – regional y la perspectiva económica – empresarial ¿cuál considera más importante?

Perspectiva económica – regional ( )

Perspectiva económica – empresarial ( )

- 1.1 En función de su repuesta ¿qué nivel de importancia considera que tiene ésta perspectiva frente a la otra?

De igual importancia ( )

Importancia moderada ( )

Importancia fuerte ( )

Importancia muy fuerte ( )

Importancia extrema ( )

2. Entre la perspectiva económica – regional y la perspectiva socio - regional ¿cuál considera más importante?

Perspectiva económica – regional ( )

Perspectiva socio - regional ( )

- 2.2 En función de su repuesta ¿qué nivel de importancia considera que tiene ésta perspectiva frente a la otra?

De igual importancia ( )

Importancia moderada ( )

Importancia fuerte ( )  
 Importancia muy fuerte ( )  
 Importancia extrema ( )

3. Entre la perspectiva económica – regional y la perspectiva socio – comunitaria ¿cuál considera más importante?

Perspectiva económica – regional ( )  
 Perspectiva socio - comunitaria ( )

- 3.1 En función de su repuesta ¿qué nivel de importancia considera que tiene ésta perspectiva frente a la otra?

De igual importancia ( )  
 Importancia moderada ( )  
 Importancia fuerte ( )  
 Importancia muy fuerte ( )  
 Importancia extrema ( )

4. Entre la perspectiva económica – regional y la perspectiva ecológica ¿cuál considera más importante?

Perspectiva económica – regional ( )  
 Perspectiva ecológica ( )

- 4.1 En función de su repuesta ¿qué nivel de importancia considera que tiene ésta perspectiva frente a la otra?

De igual importancia ( )  
 Importancia moderada ( )  
 Importancia fuerte ( )  
 Importancia muy fuerte ( )  
 Importancia extrema ( )

5. Entre la perspectiva económica – regional y la perspectiva institucional ¿cuál considera más importante?

Perspectiva económica – regional ( )  
 Perspectiva institucional ( )

- 5.1 En función de su repuesta ¿qué nivel de importancia considera que tiene ésta perspectiva frente a la otra?

De igual importancia ( )  
 Importancia moderada ( )  
 Importancia fuerte ( )  
 Importancia muy fuerte ( )  
 Importancia extrema ( )

6. Entre la perspectiva económica – regional y la perspectiva de infraestructura ¿cuál considera más importante?

Perspectiva económica – regional ( )

Perspectiva infraestructura ( )

- 6.1 En función de su respuesta ¿qué nivel de importancia considera que tiene ésta perspectiva frente a la otra?

De igual importancia ( )

Importancia moderada ( )

Importancia fuerte ( )

Importancia muy fuerte ( )

Importancia extrema ( )

7. Entre la perspectiva económica – regional y la perspectiva experiencial ¿cuál considera más importante?

Perspectiva económica – regional ( )

Perspectiva experiencial ( )

- 7.1 En función de su respuesta ¿qué nivel de importancia considera que tiene ésta perspectiva frente a la otra?

De igual importancia ( )

Importancia moderada ( )

Importancia fuerte ( )

Importancia muy fuerte ( )

Importancia extrema ( )

8. Entre la perspectiva económica – empresarial y la perspectiva socio - regional ¿cuál considera más importante?

Perspectiva económica – empresarial ( )

Perspectiva socio – regional ( )

- 8.1 En función de su respuesta ¿qué nivel de importancia considera que tiene ésta perspectiva frente a la otra?

De igual importancia ( )

Importancia moderada ( )

Importancia fuerte ( )

Importancia muy fuerte ( )

Importancia extrema ( )



9. Entre la perspectiva económica – empresarial y la perspectiva socio – comunitaria ¿cuál considera más importante?

Perspectiva económica – empresarial ( )

Perspectiva socio – comunitaria ( )

- 9.1 En función de su repuesta ¿qué nivel de importancia considera que tiene ésta perspectiva frente a la otra?

De igual importancia ( )

Importancia moderada ( )

Importancia fuerte ( )

Importancia muy fuerte ( )

Importancia extrema ( )

10. Entre la perspectiva económica – empresarial y la perspectiva ecológica ¿cuál considera más importante?

Perspectiva económica – empresarial ( )

Perspectiva socio – comunitaria ( )

- 10.1 En función de su repuesta ¿qué nivel de importancia considera que tiene ésta perspectiva frente a la otra?

De igual importancia ( )

Importancia moderada ( )

Importancia fuerte ( )

Importancia muy fuerte ( )

Importancia extrema ( )

11. Entre la perspectiva económica – empresarial y la perspectiva institucional ¿cuál considera más importante?

Perspectiva económica – empresarial ( )

Perspectiva institucional ( )

- 11.1 En función de su repuesta ¿qué nivel de importancia considera que tiene ésta perspectiva frente a la otra?

De igual importancia ( )

Importancia moderada ( )

Importancia fuerte ( )

Importancia muy fuerte ( )

Importancia extrema ( )

12. Entre la perspectiva económica – empresarial y la perspectiva de infraestructura ¿cuál considera más importante?

Perspectiva económica – empresarial ( )

Perspectiva infraestructura ( )

12.1 En función de su repuesta ¿qué nivel de importancia considera que tiene ésta perspectiva frente a la otra?

De igual importancia ( )

Importancia moderada ( )

Importancia fuerte ( )

Importancia muy fuerte ( )

Importancia extrema ( )

13. Entre la perspectiva económica – empresarial y la perspectiva experiencial ¿cuál considera más importante?

Perspectiva económica – empresarial ( )

Perspectiva experiencial ( )

13.1 En función de su repuesta ¿qué nivel de importancia considera que tiene ésta perspectiva frente a la otra?

De igual importancia ( )

Importancia moderada ( )

Importancia fuerte ( )

Importancia muy fuerte ( )

Importancia extrema ( )

14. Entre la perspectiva socio – regional y la perspectiva socio – comunitaria ¿cuál considera más importante?

Perspectiva socio – regional ( )

Perspectiva socio – comunitaria ( )

14.1 En función de su repuesta ¿qué nivel de importancia considera que tiene ésta perspectiva frente a la otra?

De igual importancia ( )

Importancia moderada ( )

Importancia fuerte ( )

Importancia muy fuerte ( )

Importancia extrema ( )

15. Entre la perspectiva socio – regional y la perspectiva ecológica ¿cuál considera más importante?

Perspectiva socio – regional ( )

Perspectiva ecológica ( )

15.1 En función de su repuesta ¿qué nivel de importancia considera que tiene ésta perspectiva frente a la otra?

- De igual importancia ( )
- Importancia moderada ( )
- Importancia fuerte ( )
- Importancia muy fuerte ( )
- Importancia extrema ( )

16. Entre la perspectiva socio – regional y la perspectiva institucional ¿cuál considera más importante?

- Perspectiva socio – regional ( )
- Perspectiva institucional ( )

16.1 En función de su repuesta ¿qué nivel de importancia considera que tiene ésta perspectiva frente a la otra?

- De igual importancia ( )
- Importancia moderada ( )
- Importancia fuerte ( )
- Importancia muy fuerte ( )
- Importancia extrema ( )

17. Entre la perspectiva socio – regional y la perspectiva de infraestructura ¿cuál considera más importante?

- Perspectiva socio – regional ( )
- Perspectiva infraestructura ( )

17.1 En función de su repuesta ¿qué nivel de importancia considera que tiene ésta perspectiva frente a la otra?

- De igual importancia ( )
- Importancia moderada ( )
- Importancia fuerte ( )
- Importancia muy fuerte ( )
- Importancia extrema ( )

18. Entre la perspectiva socio – regional y la perspectiva experiencial ¿cuál considera más importante?

- Perspectiva socio – regional ( )
- Perspectiva experiencial ( )

18.1 En función de su repuesta ¿qué nivel de importancia considera que tiene ésta perspectiva frente a la otra?

- De igual importancia ( )
- Importancia moderada ( )
- Importancia fuerte ( )
- Importancia muy fuerte ( )
- Importancia extrema ( )

19. Entre la perspectiva socio – comunitaria y la perspectiva ecológica ¿cuál considera más importante?

- Perspectiva socio – comunitaria ( )
- Perspectiva ecológica ( )

19.1 En función de su repuesta ¿qué nivel de importancia considera que tiene ésta perspectiva frente a la otra?

- De igual importancia ( )
- Importancia moderada ( )
- Importancia fuerte ( )
- Importancia muy fuerte ( )
- Importancia extrema ( )

20. Entre la perspectiva socio - comunitaria y la perspectiva institucional ¿cuál considera más importante?

- Perspectiva socio – comunitaria ( )
- Perspectiva institucional ( )

20.1 En función de su repuesta ¿qué nivel de importancia considera que tiene ésta perspectiva frente a la otra?

- De igual importancia ( )
- Importancia moderada ( )
- Importancia fuerte ( )
- Importancia muy fuerte ( )
- Importancia extrema ( )

21. Entre la perspectiva socio – comunitaria y la perspectiva de infraestructura ¿cuál considera más importante?

- Perspectiva socio – comunitaria ( )
- Perspectiva infraestructura ( )

21.1 En función de su repuesta ¿qué nivel de importancia considera que tiene ésta perspectiva frente a la otra?

- De igual importancia ( )
- Importancia moderada ( )
- Importancia fuerte ( )

Importancia muy fuerte ( )

Importancia extrema ( )

22. Entre la perspectiva socio – comunitaria y la perspectiva experiencial ¿cuál considera más importante?

Perspectiva socio – comunitaria ( )

Perspectiva experiencial ( )

- 22.1 En función de su repuesta ¿qué nivel de importancia considera que tiene ésta perspectiva frente a la otra?

De igual importancia ( )

Importancia moderada ( )

Importancia fuerte ( )

Importancia muy fuerte ( )

Importancia extrema ( )

23. Entre la perspectiva ecológica y la perspectiva institucional ¿cuál considera más importante?

Perspectiva ecológica ( )

Perspectiva institucional ( )

- 23.1 En función de su repuesta ¿qué nivel de importancia considera que tiene ésta perspectiva frente a la otra?

De igual importancia ( )

Importancia moderada ( )

Importancia fuerte ( )

Importancia muy fuerte ( )

Importancia extrema ( )

24. Entre la perspectiva ecológica y la perspectiva de infraestructura ¿cuál considera más importante?

Perspectiva ecológica ( )

Perspectiva infraestructura ( )

- 24.1 En función de su repuesta ¿qué nivel de importancia considera que tiene ésta perspectiva frente a la otra?

De igual importancia ( )

Importancia moderada ( )

Importancia fuerte ( )

Importancia muy fuerte ( )

Importancia extrema ( )

25. Entre la perspectiva ecológica y la perspectiva experiencial ¿cuál considera más importante?

Perspectiva ecológica ( )

Perspectiva experiencial ( )

25.1 En función de su respuesta ¿qué nivel de importancia considera que tiene ésta perspectiva frente a la otra?

De igual importancia ( )

Importancia moderada ( )

Importancia fuerte ( )

Importancia muy fuerte ( )

Importancia extrema ( )

26. Entre la perspectiva institucional y la perspectiva de infraestructura ¿cuál considera más importante?

Perspectiva institucional ( )

Perspectiva infraestructura ( )

26.1 En función de su respuesta ¿qué nivel de importancia considera que tiene ésta perspectiva frente a la otra?

De igual importancia ( )

Importancia moderada ( )

Importancia fuerte ( )

Importancia muy fuerte ( )

Importancia extrema ( )

27. Entre la perspectiva institucional y la perspectiva experiencial ¿cuál considera más importante?

Perspectiva institucional ( )

Perspectiva experiencial ( )

27.1 En función de su respuesta ¿qué nivel de importancia considera que tiene ésta perspectiva frente a la otra?

De igual importancia ( )

Importancia moderada ( )

Importancia fuerte ( )

Importancia muy fuerte ( )

Importancia extrema ( )

28. Entre la perspectiva infraestructura y la perspectiva experiencial ¿cuál considera más importante?

Perspectiva infraestructura ( )

Perspectiva experiencial ( )

28.1 En función de su respuesta ¿qué nivel de importancia considera que tiene ésta perspectiva frente a la otra?

De igual importancia ( )

Importancia moderada ( )

Importancia fuerte ( )

Importancia muy fuerte ( )

Importancia extrema ( )





## ANEXO E

### MATRICES MULTICRITERIO *FUZZY AHP*

El detalle de las matrices para el análisis jerárquico multicriterio difuso se los obtiene en:

**[www.resilienciamultidimensional.blogspot.com](http://www.resilienciamultidimensional.blogspot.com)**

Las matrices que se detallan en software Excel, son las siguientes:

1. Matriz dimensional
2. Matriz económico-empresarial
3. Matriz económico-regional
4. Matriz experiencial
5. Matriz infraestructura
6. Matriz institucional
7. Matriz sociocomunitaria
8. Matriz sociorregional

Clave para apertura de archivos: RESILIENCIA2016

